

ЗАПИСКИ ИМПЕРАТОРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКЪ.
MÉMOIRES
DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE ST.-PÉTERSBOURG.
VIII^e SÉRIE.
ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОТДѢЛЕНІЮ. CLASSE PHYSICO-MATHÉMATIQUE.
Томъ XVII. № 6. Volume XVII. № 6.

SPECTROSCOPISCHE UNTERSUCHUNGEN.

VON

Fürst B. Galitzin und J. Wilip.

MIT 2 PHOTOTYPISCHEN TAFELN UND 5 ZEICHNUNGEN IM TEXTE.

(Vorgelegt am 19. Januar 1905.)

С.-ПЕТЕРБУРГЪ. 1906. ST.-PÉTERSBOURG.

Продается у комиссіонеровъ Императорской
Академіи Наукъ:
И. И. Глазунова и **К. Л. Риккера** въ С.-Петербургѣ,
П. П. Карбасникова въ С.-Петерб., Москвѣ, Варшавѣ и
Вильнѣ,
Н. Я. Оглоблина въ С.-Петербургѣ и Кіевѣ,
М. В. Клюкина въ Москвѣ,
Е. П. Распопова въ Одессѣ,
Н. Киммеля въ Ригѣ,
Фоссъ (Г. В. Зоргенфрей) въ Лейпцигѣ,
Люзакъ и Комп. въ Лондонѣ.

Commissionnaires de l'Académie IMPÉRIALE des
Sciences:
J. Glasounof et **C. Ricker** à St.-Petersbourg,
N. Karbasnikof à St.-Petersbourg, Moscou, Varsovie et
Vilna,
N. Oglobline à St.-Petersbourg et Kief,
M. Klukine à Moscou,
E. Raspopoff à Odessa,
N. Kymmel à Riga,
Voss' Sortiment (G. W. Sorgenfrey) à Leipsic,
Luzac & Cie. à Londres.

Цена: 2 р. — Prix: 4 Mark.

Gedruckt auf Verfügung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
St. Petersburg, Januar 1906.

S. v. Oldenburg, Beständiger Sekretär.

Buchdruckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.
Wass. Ostr., 9. Linie, № 12.

§ 1.

Einleitung.

Jeder Stoff wird, wenn er sich im gasförmigen Zustand befindet, durch ein bestimmtes Emissions-, resp. Absorptionsspectrum charakterisiert, worauf die Möglichkeit beruht, durch Spectraluntersuchungen die chemische Zusammensetzung eines gegebenen Körpers festzustellen, resp. durch Ausmessung der Verschiebung der entsprechenden Linien die lineare Geschwindigkeit des Körpers in der Richtung der Sehlinie zu ermitteln (Doppler'sches Princip), eine Aufgabe, welche sich in der Astrophysik als so werthvoll erweist. Es liegt zur Zeit eine sehr umfangreiche Litteratur über dieses Gebiet vor. — Nun ist aber eine andere Frage vorhanden, welche mit den eben erwähnten Aufgaben in unmittelbarem Zusammenhang steht, die, obgleich sie schon längst aufgeworfen ist, doch erst in letzterer Zeit die Aufmerksamkeit der Spectroscopisten genügend auf sich gelenkt hat, nämlich die, inwieweit das Aussehen verschiedener Spectra durch Temperatur- und Druckverhältnisse, Entladungsbedingungen u. s. w. beeinflusst wird.

Es liegen auf diesem Gebiet auch manche Untersuchungen vor, da aber diese Aufgabe sich als eine sehr verwickelte erweist, ist bis jetzt keine grosse Klarheit in dieser Frage geschaffen worden und, da sie für alle Spectraluntersuchungen, hauptsächlich aber für die Astrophysik von besonderer Wichtigkeit ist, so erschien es uns sehr wünschenswerth, einige Beiträge zur Lösung dieser Aufgabe zu liefern.

Durch diesen Gedanken geleitet haben wir eine Anzahl Spectraluntersuchungen vorgenommen, die sich auf Emissions- und Absorptionsspectra beziehen, wobei wir die äusseren Bedingungen, welche eventuell auf das Aussehen der Spectra einen Einfluss haben können, möglichst zwischen weiten Grenzen zu ändern versuchten.

Diese unsere erste Mittheilung über diesen Gegenstand enthält eine ausführliche Beschreibung der angewandten Versuchsanordnung nebst Angaben über verschiedene Einzelheiten der Beobachtungsmethode. Weiter folgt eine Untersuchung über die Lage einiger Linien im Bogenspectrum des Quecksilbers in einer Arons'schen Lampe. Diese letzte Untersuchung hatte den Zweck, einen näheren Aufschluss über die Genauigkeit der hier angewandten Beobachtungsmethode zu gewinnen.

Der Haupttheil dieser ersten Mittheilung besteht in der Untersuchung des Absorptionsspectrums des Bromdampfes und zwar bei verschiedenen Temperatur- und Druckverhältnissen.

Zum Schluss folgen einige Beobachtungen über den Einfluss von Brom- und Joddampf auf das Emissionsspectrum des Quecksilbers, dessen Strahlen durch den Brom- resp. Joddampf durchgeschickt sind.

§ 2.

Versuchsanordnung.

Die von uns zur Untersuchung verschiedener Spectra benutzte Anordnung war in ihren Haupttheilen ganz ähnlich derjenigen, welche Hasselberg¹⁾ bei seinen Untersuchungen über das Absorptionsspectrum des Jodes verwendet hat.

Die für das Collimator- und Fernrohr benutzten Linsen waren von Steinheil geliefert und hatten eine Focaldistanz von 150 cm. und einen Durchmesser von 12 cm. Der Winkel ψ zwischen Collimator- und Fernrohr betrug wie bei Hasselberg etwa 42° . In dem Schnittpunkt der Axen beider Systeme befand sich die reflectierende Fläche eines grossen Rowland'schen Plangitters, welches vorher einer sorgfältigen Untersuchung unterzogen war.²⁾ Dieses Gitter hatte einen Flächeninhalt von $66 \times 99 \text{ cm}^2$ und umfasste 15031 Striche pro Zoll, die unter einem Mikroskop mit starker Vergrösserung gesehen sich als sehr gelungen erwiesen haben.

Der benutzte Spalt konnte durch Drehung einer kleinen Micrometertrommel symmetrisch nach beiden Seiten nach Belieben erweitert oder geschmälert werden. Die Kanten des Spaltes waren ursprünglich aus Platin-Iridium angefertigt, die aber später durch künstlich geschwärzte Onyxkanten ersetzt wurden, die bei geringsten noch zulässigen Spaltbreiten die reinsten Bilder gaben. Bei unseren Untersuchungen über die Emissionsspectra betrug die Spaltbreite gewöhnlich $0,02\text{—}0,03 \text{ mm}$, für Absorptionsspectra dagegen nur etwa $0,01 \text{ mm}$.

In der Focalebene des Fernrohrs wurden die zur Aufnahme der Spectra verwendeten photographischen Platten in besonderen Cassetten aufgestellt. Die Länge der Platten betrug etwa 18 cm. Mit Hilfe einer besonderen Zahnradvorrichtung konnte die photographische Platte genau in die Focalebene des Fernrohrs für den mittleren Strahl gebracht werden. Ausserdem gestattete eine andere besondere Vorrichtung die Platten um eine verticale Axe, die durch die Mitte der Platte hindurchging, zu drehen, damit die Brennpunkte der ein-

1) Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St-Petersbourg. VII série. T. XXXVI (1889).

2) Siehe Fürst Galitzin. Einige Bemerkungen über Diffractionsgitter. Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg. V série. T. XVIII, № 2, p. 33 (1903).

zelnen Strahlen nach Möglichkeit auf der Platte zu liegen kämen. Collimator und Fernrohr waren selbstverständlich auf Unendlich eingestellt.

Das Gitter selbst war in einem hölzernen Schrank mit passenden Oeffnungen auf einem mit Gradtheilung versehenen drehbaren Metalltisch montiert, so dass es möglich war vom Beobachtungsort aus mittelst einer besonderen Schraube die Spectra verschiedener Ordnung leicht durch das Gesichtsfeld zu führen. Beim Photographieren des Spectrums selbst wurde die Schraube natürlich entlastet, um jeglichen möglichen Verschiebungen durch Spannungen auszuweichen.

Das ganze System war an einem möglichst erschütterungsfreien Ort, in dem unteren Stock des Physikalischen Laboratoriums der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu St. Petersburg aufgestellt, wobei der metallene Tisch nebst Kasten mit dem Gitter und die beiden Tubusenden mit den Linsen auf einer tief in die Erde gehenden steinernen Säule ruhten, während das Spaltende des Collimators auf einen Steinblock sich stützte und das Cassettenende des Fernrohrs auf einem extra dazu hergestellten stämmigen hölzernen Tisch zu stehen kam.

Anfangs begnügte man sich damit und versuchte einige Aufnahmen zu machen, ohne für irgend einen Schutz gegen äussere Temperatureinflüsse auf den Spectrographen zu sorgen. Doch erschienen zuweilen einzelne Aufnahmen, besonders bei längeren Expositionen, weniger scharf, so dass man wohl eine Einwirkung durch Veränderung der Temperatur um den Spectrographen und das Gitter annehmen konnte.

Durch künstliche Erwärmung und Abkühlung der einzelnen Theile des Spectrographen ergaben sich in der That bedeutende Linienverschiebungen, wie spätere Angaben und theoretische Erörterungen zeigen werden. Um daher groben Temperatureinwirkungen vorzubeugen, die bei einigen Graden schon ziemlich beträchtlich werden können, wurde das ganze System durch eine doppelte Blechwand, deren Innenraum mit Sägespänen ausgefüllt wurde, von dem Beobachtungszimmer abgetrennt, wodurch eine höchst vollkommene Temperaturconstanz um den Spectrographen herum erzielt wurde. Der Kasten zur Aufnahme des Gitters war ausserdem von Aussen mit einem schlechten Wärmeleiter gekleidet. Nur ein ganz kurzer Theil von dem Spaltrohr ragte zu leichteren Manipulationen um den Spalt herum aus der Blechwand hervor. Dicht an dem Gitter befand sich ein sehr empfindliches, in fünfzigstel Grad getheiltes Thermometer, welches mit einem ausserhalb der Blechwand stehenden Fernrohr durch ein kleines Glasfenster beobachtet werden konnte. Bei der Ablesung des Thermometers wurde dasselbe durch eine kleine electrische Lampe für eine sehr kurze Dauer beleuchtet. Ein anderes empfindliches Thermometer befand sich dicht an dem Spalt des Collimatorrohrs.

Nach richtiger Einstellung aller Theile des Spectrographen und genauer Ausmessung des Winkels zwischen Collimator- und Fernrohr, schritt man zur richtigen Aufstellung der photographischen Platten im Apparate. Dazu benutzte man eine entwickelte Platte, in deren Gelatinschicht mit einem feinen Stift Striche eingegraben waren, auf die eine an dem Tubus

des Camerarohrs befestigte, horizontal verschiebbare Lupe scharf eingestellt wurde. Darauf wurde der zu untersuchende Theil des Spectrums auf die Platte gebracht und die Lupe in die Mittellage geschoben, wonach man die Länge des Tubus des Spectrographen so lange veränderte, bis die in die Lupe fallende Spectrallinie auf's Deutlichste zu sehen war. Ferner verschob man die Lupe nach rechts und links und überzeugte sich über die Schärfe zweier Linien, die um gleiche Strecken von der Mitte entfernt waren. Nach einigen Versuchen gelang es bald der photographischen Casette eine derartige Drehung um die Verticalaxe zu geben, dass die beiden Linien gleich scharf erschienen. Dabei brauchen dieselben natürlich nicht streng im Focus zu stehen. Daher merkte man sich den Theilstrich auf dem Tubus und veränderte wiederum die Länge desselben bis die beiden Linien scharf sich einstellten. Nachher fand man dann leicht eine mittlere Stellung, in welcher alle drei Linien gleich scharf erschienen. Diese Lage wählte man sich als die günstigste aus, wobei fast alle Linien gleich scharf auf der photographischen Platte zu stehen kamen. Diese Genauigkeit genügte für unseren Zweck vollständig, insbesondere weil man bei der Ausmessung der photographischen Platte nur von dem mittleren Theil derselben Gebrauch machte.

Bei Untersuchungen von Funkenspectren¹⁾ in Geissler'schen Röhren bediente man sich eines Inductoriums von 30 cm. Funkenlänge, von der Firma Keiser & Schmidt in Berlin bezogen, mit einem Deprez'schen Unterbrecher. Von dem letzteren wurde selten Gebrauch gemacht; man verwendete gewöhnlich einen Quecksilberstrahl-Motorunterbrecher mit bekannter Unterbrechungszahl pro Secunde.

Zur Erhaltung von Standards, sowie als Lichtquelle bei Untersuchungen von Absorptionsspectren, war in einer Entfernung von 2,5 Meter vor dem Spalt eine Bogenlampe eines Schuckert'schen Projectionsapparates für 20—25 Ampère mit schräg stehenden Kohlen aufgestellt. Die Strahlen dieser Bogenlampe wurden mit Hilfe der Linsen des Projectionsapparates und einer vertical stehenden cylindrischen Zusatzlinse von kurzer Brennweite auf den Spalt des Collimators projiciert. Zum Auffangen der Wärmestrahlen, um jede directe Wärmewirkung auf die Theile des Spectrographen möglichst zu vermeiden, wurde gewöhnlich vor dem Spalt noch ein 7 cm. dicker Glastrog mit parallelen Wänden mit einer wässerigen Alaunlösung aufgestellt. Ausserdem befand sich ein mit Staniol ausgekleideter Pappschirm mit einem kleinen Glasfenster in der Mitte im Wege der Lichtstrahlen, um die Einwirkung der strahlenden Wärme möglichst zu beseitigen.

Für die Erhaltung von Standards wurde entweder ein Eisendraht in den Lichtbogen eingeführt, oder durchbohrte, mit Eisen gefüllte Kohlen benutzt. Dabei blieb der Spalt selbstverständlich frei von jeglichen Manipulationen, indem man das Diaphragma vor dem Spalt, zum Ausscheiden eines Theils der photographischen Platte (in der Höhenrichtung), in einem getrennten Stativ und auf einem besonderen Tisch aufgestellt hatte, was sehr wichtig ist, um kleine Verschiebungen der Spectra gegen einander zu vermeiden.

1) Diese Versuche sind nicht in dieser Abhandlung wiedergegeben.

Für den uns am meisten interessierenden Theil des Spectrums bewährten sich als sehr empfindlich und feinstrukturig die isochromatischen Platten von Edwards, welche meistens mit Amidol entwickelt wurden. Die Platten büssten zwar nach längerem Liegen von der Empfindlichkeit leicht etwas ein und verschleierten sich um geringes, doch schien der Grund davon meistens in feuchter Luft zu liegen.

Zur Ausmessung der Platten diente meistens eine Art kleiner Theilmaschine mit Mikroskop mit verschiedenen Vergrößerungen, welche speciell von der Firma «Société Genevoise» construiert war. Die Höhe des Schraubenganges derselben betrug nur 0,25 $\frac{m}{m}$; ausserdem war die Trommel noch in 100 Theile getheilt. Die Schraube wurde auf gleich mässigen Gang geprüft und wies nur geringe Fehler auf, die jedenfalls unter der von uns gestellten Genauigkeitsgrenze lagen.

§ 3.

Dispersion und Empfindlichkeit des Spectrographen.

Bedeutet nun:

φ den Winkel zwischen dem einfallenden Strahlenbündel und der Gitternormale (siehe Fig. 1);

ψ den Winkel zwischen den optischen Axen des Collimators und des Fernrohrs, wobei die Gitternormale zwischen dem einfallenden und zurückgeworfenen Strahlenbündel sich befindet, wie es auch bei unseren Beobachtungen immer stattfand;

e die Entfernung zweier benachbarten Striche des Gitters;

λ die Wellenlänge eines bestimmten Strahles, und

m die Ordnungszahl des entsprechenden Spectrums,

so gilt bekanntlich zwischen diesen Grössen folgende Beziehung:

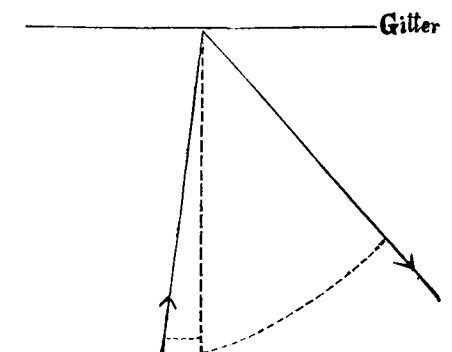
$$\frac{m\lambda}{e} = \sin(\psi - \varphi) - \sin \varphi. \dots \dots \dots (1)$$

Alle unsere Versuche geschahen im Spectrum zweiter Ordnung, welches für unseren Zweck als das günstigste sich erwies (also $m = 2$).

Bei einer Einstellung war der Winkel φ gleich $0^\circ 33' 0''$.

e war gleich $0,0016898 \frac{m}{m}$.

Fig. 1.



Der Winkel ψ für den mittleren Strahl (ψ_0) war immer gleich $41^\circ 57' 0''$, was in diesem Fall einer Wellenlänge

$$\lambda = 5506 \text{ \AA. E.}$$

entsprechen würde.

Setzen wir $\psi = \psi_0 + \theta$, so berechnet sich das Dispersionsvermögen des Apparates $\frac{d\theta}{d\lambda}$ leicht aus der Formel (1)

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{2}{e} \cdot \frac{1}{\cos(\psi_0 + \theta - \varphi)} \cdot \dots \dots \dots (2)$$

Zur Uebertragung dieser Beziehung ins Linienmaass auf der photographischen Platte muss man noch die Neigung der letzteren gegen die Axe des Fernrohrs mitberücksichtigen.

Sei der Winkel, um welchen die Platte gegen die normale Lage senkrecht zur Axe des Fernrohrs gedreht ist, gleich α , und bezeichnen wir die Winkel rechts von dem mittleren Strahl durch θ und diejenigen, welche links sind, durch θ_1 (siehe die Fig. 2), so entspricht dem Winkel θ auf der photographischen Platte eine Entfernung l von der Mitte der Platte O .

Es ergeben sich leicht aus der Figur, wenn wir die Brennweite der Linse für den mittleren Strahl durch L bezeichnen, folgende Beziehungen:

$$\left. \begin{aligned} l &= L \frac{\sin \theta}{\cos(\theta + \alpha)} \\ \text{und} \\ l_1 &= L \frac{\sin \theta_1}{\cos(\theta_1 - \alpha)} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

Begnügen wir uns mit der ersten der Formeln (3).

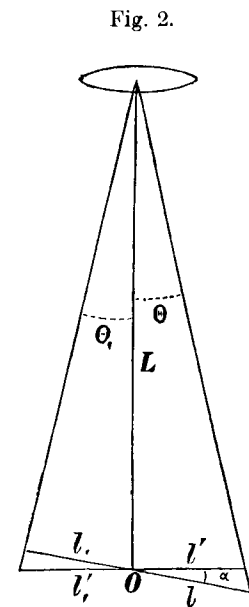
Es folgt daraus

$$\frac{dl}{d\theta} = \frac{L \cos \alpha}{\cos^2(\theta + \alpha)},$$

oder, mit Rücksicht auf die Gleichung (2),

$$\frac{dl}{d\lambda} = \frac{2L}{e} \frac{\cos \alpha}{\cos^2(\theta + \alpha) \cos(\psi_0 - \varphi + \theta)} \cdot \dots \dots \dots (4)$$

Mit Hilfe dieser Formel lässt sich die Dispersion für verschiedene Theile des Spectrums leicht berechnen.



Bei unseren Beobachtungen war:

$$L = 1500 \text{ m/m}$$

$$\alpha = 1^\circ$$

$$\psi_0 - \varphi = 41^\circ 24' 0''.$$

Aus der Gleichung (1) lässt sich für verschiedene Wellenlängen das entsprechende ψ , also θ ¹⁾ angeben und darnach die Dispersion des Spectrographen für verschiedene Theile des Spectrums ermitteln.

In folgender Tabelle I ist das Dispersionsvermögen Δ unseres Spectrographen für einige Wellenlängen angegeben (für $\varphi = 0^\circ 33' 0''$). Δ stellt die Anzahl Millimeter, welche einer Ängström'schen Einheit entspricht, dar.

Tabelle I.

λ	Δ
5800 Ä. E.	0,248 m/m
5700	0,244
5600	0,240
5500	0,236
5400	0,233
5300	0,230
5200	0,228

Wir sehen also, dass ein Theilstrich der Trommel unserer kleinen Theilmachine ungefähr 0,01 Ä. E. entspricht. Diese Genauigkeit war für unseren Zweck vollständig ausreichend.

Zur Feststellung der Wellenlängen der Linien verschiedener Emissions- und Absorptionsspectra haben wir auf der entsprechenden photographischen Platte auch das Eisenspectrum photographiert. Als Vergleichsstandards haben wir die folgenden Rowland'schen Eisennormalen benutzt.²⁾

1) $\psi = \psi_0 + \theta$.

2) Siehe Astrophysical Journal Bd. 2 pp. 43, 109, 188, 306, 360 (1895), und Kayser, Handbuch der Spectroscopie T. I p. 726 (1900).

Tabelle II.

Normalen des Eisenspectrums nach Rowland.

5763,218 Ä. E. —	4044,776 Ä. E.
5709,601	4032,796
5659,052	4022,029
5615,877	4007,429
5573,075	3996,147
5569,848	3986,330
5507,000	3977,892
5501,683	3966,219
5497,735	3956,610
5455,834	3941,032
5424,290	3920,404
4957,480	3913,784
4924,956	3909,980
4919,174	3895,801
4903,502	3702,180
4890,948	3695,202
4369,954	3683,205
4352,910	3676,461
4337,219	3659,673
4096,135	3651,615
4079,999	3640,541
4062,605	

Bei der Verwerthung der verschiedenen photographischen Platten zum Zweck der Bestimmung der Lage einzelner Spectrallinien, kann man sich einer linearen Interpolation zwischen benachbarten Eisennormalen nicht bedienen, da das Dispersionsvermögen des Spectrographen nicht in allen Theilen des Spectrums denselben Werth behält. Eine quadratische Interpolationsformel reicht jedoch für diesen Zweck bei unseren Beobachtungen vollständig aus.

Es ergibt sich nämlich aus der Gleichung (4) und der ersten der Gleichungen (3), bei Vernachlässigung der Glieder höherer Ordnung in Bezug auf θ und α , die beide klein sind, folgende Beziehung

$$d\lambda = \frac{e}{2L} \left[\cos(\psi_0 - \varphi) - \sin(\psi_0 - \varphi) \frac{l}{L} \right] dl. \dots\dots\dots(5)$$

Daraus erhält man durch Integration

$$\lambda = a + bl + cl^2, \dots\dots\dots(6)$$

wo a , b und c gewisse Constanten bedeuten.

Hat man die Werthe dieser Constanten mit Hilfe von Eisennormalen für verschiedene Theile des Spectrums berechnet, so lassen sich die Wellenlängen aller anderen gesuchten Linien ohne Schwierigkeit bestimmen.

Am einfachsten ist es jedoch, für den genannten Zweck sich einer graphischen Interpolation zu bedienen.

Ein Theil unserer Experimente hatte den Zweck näher zu untersuchen, welchen etwaigen Einfluss eine Temperaturerhöhung des strahlenden, resp. absorbierenden Körpers, auf das Aussehen des entsprechenden Spectrums hat. Da aber bei einer solchen Temperaturerhöhung eine mögliche Erwärmung einzelner Theile des Spectrographen, trotz aller Schutzmittel gegen äussere Temperatureinflüsse, stattfinden kann, so ist es wünschenswerth, vorher etwas näher festzustellen, welchen Einfluss eine solche theilweise Erwärmung des Apparates auf die Lage einzelner Spectrallinien haben kann.

Setzen wir nun zuerst voraus, dass das Gitter selbst während der Beobachtungen eine Temperaturerhöhung Δt erfahren hat.

Diese Temperaturerhöhung soll nun den Werth von e um Δe vermehren.

Aus der Gleichung (1) erhalten wir sofort

$$\frac{2\lambda \cdot \Delta e}{e^2} = - \cos(\psi - \varphi) \Delta\psi.$$

Bezeichnen wir durch β den Ausdehnungskoeffizienten des Gittermetalls, wo β etwa gleich 0,000014 gesetzt werden darf, so erhalten wir unter Berücksichtigung, dass $\Delta\psi = \Delta\theta = \frac{\Delta l}{L}$ ist,

$$\Delta t = - \frac{e \cos(\psi - \varphi)}{2\beta\lambda L} \cdot \Delta l. \dots\dots\dots(7)$$

Diese Formel zeigt also, dass eine Temperaturerhöhung des Gitters alle Spectrallinien zur Seite der kleineren Wellenlängen verschiebt.

Wollen wir nun nach der Formel (7) näher berechnen, welche Temperaturerhöhung des Gitters nöthig wäre, um die entsprechende Spectrallinie um 0,01 Ä. E. (unsere Genauigkeitsgrenze) zu verschieben.

Führen wir diese Rechnung für den mittleren Strahl ($\lambda = 5506$ Ä. E.) durch.

Setzen wir dementsprechend $\psi - \varphi = 41^\circ 24' 0''$.

Aus der Tabelle I folgt unmittelbar, dass in diesem Fall $\Delta l = 0,00236$ gesetzt werden muss.

Es ergibt sich nun

$$\Delta t = - 0,13 \text{ C.}$$

Also eine Temperaturerhöhung des Gitters um $0,13$ C. würde schon eine Verschiebung der Spectrallinien um $0,01$ Ä. E. hervorrufen.

Wir sehen also, wie nothwendig es ist, den Spectrographen gegen äussere Temperatureinflüsse zu schützen.

Bei der von uns getroffenen Anordnung waren die Temperaturänderungen am Gitter selbst, wie die directen Beobachtungen zeigten, äusserst klein, höchstens einige Hunderstel Grad, folglich kann, bei der von uns gestellten Genauigkeitsgrenze, die Gittertemperatur wirklich als constant angenommen werden.

Wollen wir nun jetzt sehen, wie gross die Seitenverschiebung des Spaltes sein müsste, um eine Verschiebung der Spectrallinien um 0,01 Å. E. hervorzurufen.

Hat sich der Winkel ψ um $\Delta\psi$ vermehrt, so wächst auch φ um denselben Betrag (siehe die Fig. 1), wenn das Gitter und das Fernrohr ihre Lage unverändert beibehalten.

Es ist also $\Delta\psi = \Delta\varphi$.

Aus der Formel (1) erhalten wir sofort

$$\Delta\varphi = -\frac{2}{e \cos \varphi} \cdot \Delta\lambda.$$

Die lineare Verschiebung des Spaltes Δc , welche dem Winkel $\Delta\varphi$ entspricht, ist gleich $L\Delta\varphi$.

Setzen wir $\Delta\lambda = 0,01$ Å. E., so wird

$$\Delta c = -0,0018 \text{ m.}$$

Aus der Tabelle I folgt, dass eine seitliche Verschiebung der photographischen Platte um fast denselben Betrag (0,0024 m.) gleichfalls 0,01 Å. E. entsprechen würde.

Eine solche Verschiebung um 0,002 m. im Mittel, wenn man für die Constanz der umgebenden Temperatur genügend sorgt, ist nicht sehr wahrscheinlich, insbesondere bei den photographischen Platten, da das ganze Fernrohr des Spectrographen vollständig durch die früher erwähnte doppelte Blechwand von dem äusseren Raum getrennt war. Bei dem Spalt selbst wäre eine kleine Verschiebung desselben bei entsprechend grosser Temperaturerhöhung wohl denkbar, da derselbe aus der Blechwand herausragte. Diese Wirkung scheint in der That, insbesondere bei grösseren Temperaturänderungen vorhanden zu sein, wie wir es später sehen werden, aber bei den bei uns vorgekommenen Bedingungen war sie ganz gering. Jedenfalls beeinflusst eine solche Temperaturerhöhung um den Spalt herum alle Spectrallinien in gleichem Maasse, und man kann eventuell von einer solchen Einwirkung Rechenschaft tragen.

Directe mit dem Quecksilberspectrum ausgeführte Beobachtungen, die in einem späteren § besprochen werden, haben ergeben, dass eine Erwärmung der Luft um den Spalt herum um 1° C. eine Verschiebung der Spectrallinien um etwa 0,012 Å. E. hervorruft und zwar zur Seite der kleineren Wellenlängen. Eine nachherige Abkühlung verschiebt die Linien um denselben Betrag zurück, aber nicht sofort; für 1° C. ist die Verschiebung in diesem Fall nur etwa 0,005 Å. E., was wohl so zu deuten wäre, dass die hölzernen Theile des Apparates eine gewisse Rolle spielen, die ähnlich einer etwaigen Nach-

wirkung wären. Auf jeden Fall ist der Einfluss der Erwärmung des Spaltes um 1° C. sehr gering und liegt schon im Bereich der zulässigen Genauigkeitsgrenze.

Wollen wir zum Schluss sehen, welchen Einfluss eine Drehung des Gitters um den Winkel $\Delta\varphi$ haben wird.

Aus derselben Formel (1) folgt ohne Schwierigkeit

$$\Delta\varphi = -\frac{\Delta\lambda}{e} \sec \frac{\psi}{2} \sec \left(\frac{\psi}{2} - \varphi \right). \dots \dots \dots (8)$$

Setzen wir $\Delta\lambda = 0,01$ Å. E., so ergibt sich für den mittleren Strahl

$$\Delta\varphi = -0,14.$$

Eine Drehung des Gitters schon um diesen äusserst kleinen Winkel würde eine Verschiebung der Linien um 0,01 Å. E. hervorrufen, aber diese Einwirkung ist wenig zu befürchten, erstens, weil für die Constanz der Temperatur in der Umgebung des Gitters sehr gut gesorgt wurde, und zweitens, weil die zur Drehung des Kreises mit dem Gitter dienende Schraube bei den Beobachtungen selber immer entlastet wurde.

Wir sehen also, dass nur bei verhältnissmässig grossen Temperaturänderungen des Spectrographen eine Verschiebung der Spectrallinien eigentlich zu befürchten wäre.

Specielle Beobachtungen bei künstlichen bedeutenden Erwärmungen und Abkühlungen des Spectrographen haben in der That Linienverschiebungen erwiesen; sorgt man aber genügend für die Constanz der Temperatur, so können solche Verschiebungen meistens ausser Acht gelassen werden.

§ 4.

Das Emissionsspectrum des Quecksilberdampfes in einer Aron'schen Bogenlampe.

Um sich von der Art und Weise des Arbeitens unseres Spectrographen ein Bild zu verschaffen, wurde das Quecksilberspectrum photographiert, wobei als Lichtquelle die Arons'sche Quecksilberbogenlampe mit Wasserkühlung diente (Stromstärke circa 8 Amp.). Zur Bestimmung der Wellenlängen verschiedener Quecksilberlinien wurde neben dem Quecksilberspectrum noch das Eisenspectrum photographiert. Die Quecksilberlinien zeigten eine ungewöhnliche Schärfe, und die stärksten derselben wurden ausgemessen und die entsprechenden Wellenlängen mit Hilfe der Eisennormalen bestimmt, wobei zur Berechnung jeder einzelnen Quecksilberlinie immer mehrere Eisenlinien herangezogen wurden.

Aus der Uebereinstimmung der einzelnen Werthe für die Wellenlängen der Quecksilberlinien war es möglich, ein Urtheil über die Leistungsfähigkeit unseres Spectrographen zu gewinnen.

In der folgenden Tabelle III sind nun die Resultate dieser Ausmessungen zusammengestellt.

Die erste Colonne enthält die Wellenlängen der Eisennormalen nach Rowland, die zweite die nach denselben bestimmten Wellenlängen verschiedener Quecksilberlinien (die stärksten), die dritte, die mittleren Werthe für die Wellenlängen λ einzelner Quecksilberlinien und die vierte den angenäherten mittleren Fehler ϵ dieser Daten. Alle Zahlen sind in Ängström'schen Einheiten ausgedrückt.

Tabelle III.

Eisen-normalen.	Quecksilberlinien.	Mittlere Werthe für die Wellenlängen der Quecksilberlinien (λ).	Mittlere Fehler (ϵ).
5763,218	5790,905	5790,910	0,021 ¹⁾
5709,601	5790,884		
5659,052	5790,935		
5615,877	5790,917		
5763,218	5769,818	5769,821	0,019 ¹⁾
5709,601	5769,797		
5659,052	5769,844		
5615,877	5769,824		
5573,075	5461,000	5460,993	0,005
5507,000	5460,992		
5455,834	5460,993		
5424,290	5460,987		
4957,480	4916,252	4916,254	0,005
4924,956	4916,258		
4919,174	4916,250		
4903,502	4916,248		
4890,948	4916,260		

¹⁾ Die beiden gelben Quecksilberlinien wurden später noch einmal im Spectrum dritter Ordnung photographiert und ihre Wellenlängen nach 6 theilweise anderen Rowland'schen Normalen, von denen die äussersten 5709,601 und 5775,304 waren, berechnet, wobei sich für λ die Werthe 5790,917 resp. 5769,823 ergaben, die mit den früher gefundenen sehr gut übereinstimmen.

Eisen-normalen.	Quecksilberlinien.	Mittlere Werthe für die Wellenlängen der Quecksilberlinien (λ).	Mittlere Fehler (ϵ).
4369,954	4358,240	4358,239	0,001
4352,910	4358,238		
4337,219	4358,240		
4096,135	4078,053	4078,077	0,017
4079,999	4078,056		
4062,605	4078,079		
4044,776	4078,084		
4032,796	4078,096		
4022,029	4078,095		
4007,429	4078,074	4046,783	0,010
4062,605	4046,777		
4044,776	4046,781		
4032,796	4046,793		
4022,029	4046,793		
4007,429	4046,771	3984,105	0,014
3996,147	3984,120		
3986,330	3984,089		
3977,892	3984,102		
3966,219	3984,098		
3956,610	3984,100		
3941,032	3984,116		
3920,404	3984,081		
3913,784	3984,120		
3909,980	3984,123		
3895,801	3984,096	3906,476	0,034
	3906,530		
	3906,427		
	3906,441		
Dieselben wie im vorigen Falle.	3906,445		
	3906,449		
	3906,475		
	3906,509		
	3906,496		
	3906,499		
	3906,489		

Eisen-normalen.	Quecksilberlinien.	Mittlere Werthe für die Wellenlängen der Quecksilberlinien (λ).	Mittlere Fehler (ϵ).
3702,180	3663,351	3663,364	0,013
3695,202	3663,372		
3683,205	3663,365		
3676,461	3663,352		
3659,673	3663,385		
3651,615	3663,368		
3640,541	3663,353		
Dieselben wie im vorigen Falle.	3654,911	3654,924	0,012
	3654,930		
	3654,925		
	3654,913		
	3654,946		
	3654,929		
Dieselben wie im vorigen Falle.	3650,187	3650,202	0,013
	3650,208		
	3650,204		
	3650,191		
	3650,224		
	3650,207		
	3650,193		

Die Zahlen dieser Tabelle zeigen uns ganz deutlich, dass die Genauigkeit der Bestimmungen der mittleren Wellenlängen einzelner Quecksilberlinien 0,01—0,02 Å. E. beträgt. Die einzige Ausnahme bildet die Linie $\lambda = 3906,476$, wo der mittlere Fehler einen etwas grösseren Werth erreicht ($\epsilon = 0,034$).¹⁾ Diese Genauigkeit, nämlich 0,01—0,02 Å. E. erweist sich für unsere Aufgabe als vollständig ausreichend, folglich kann die von uns verwendete Versuchsanordnung als vollständig zweckentsprechend angesehen werden.

Es erschien uns wünschenswerth, die von uns bestimmten Wellenlängen einzelner Quecksilberlinien mit den Angaben anderer Beobachter zu vergleichen.

Die entsprechenden Data sind in der folgenden Tabelle IV zusammengestellt, wobei die früheren, weniger genauen Bestimmungen, der Vollständigkeit wegen, ebenfalls heran-

1) Diese Linie ist nur noch von Eder und Valenta einerseits und von Kayser und Runge andererseits bestimmt worden, wobei der Unterschied der von ihnen erhaltenen Wellenlängen fast 2 Å. E. beträgt (siehe die folgende Tabelle), wobei noch Kayser und Runge ausdrücklich betonen, dass diese Linie sehr unscharf aussieht.

gezogen wurden. Die kleinen Sterne, welche neben den Namen einiger Beobachter stehen, bedeuten, dass die entsprechenden Wellenlängen aus dem Funkenspektrum erhalten sind; alle übrigen Beobachtungen beziehen sich auf das Bogenspektrum, wobei bei unseren Beobachtungen, sowie bei denjenigen von Arons selbst, als Lichtquelle seine Quecksilber-Lampe benutzt wurde.

Tabelle IV.

Wellenlängen der Quecksilberlinien.¹⁾

Galitzin u. Wilip.	Exner u. Haschek ¹⁾ .	* Exner u. Haschek ²⁾ .	Kayser u. Runge ³⁾ .	* Hartley u. Adeney ⁴⁾ .	* Eder u. Valenta ⁵⁾ .	Arons ⁶⁾ .	* Huggins ⁷⁾ .	* Thalen ⁸⁾ .	* Kirchhoff ⁹⁾ .	* Lecocq ¹⁰⁾ .	* Plücker u. Hittorf ¹¹⁾ .	Gew. Luftdruck. Starker Funken.	* Luftverdünnter Raum. Schwacher Funken.
5790,91	—	—	5790,49	—	5790,5	5792	5788	5789,5	5788	5790	—	—	—
5769,82	—	—	5769,45	—	5769,5	5771	5768	5768,0	5769—66	5768	5772	—	—
5460,99	—	—	5460,97	—	5461,0	5461	5460	5460,5	5461—58	5460	5461	—	—
4916,25	—	—	4916,41	—	4916,4 4916,1 ^{b)}	4916	4918	4916,0	—	4915	—	—	—
4358,24	4358,60	4358,78	4358,56	4358,0	4358,6	4359	(4377)	4358,0	(4351—50)	4357	4358	4357	4356
4078,08	4078,02	4078,10	4078,05	4077,5	4078,1	4074	—	4078,5	—	4078	—	4077	4079
4046,78	4046,89	4046,95	4046,78	4046,5	4046,8	4043	4055	4047,0	—	4047	—	4046	4047
3984,10	3984,12	3984,11	3984,08	3984,0	3984,1	—	3990	3982,0	—	—	—	3983	—
3906,48	—	—	3908,4 ^{a)}	—	3906,6	—	—	—	—	—	—	—	—
3663,36	3663,22	3663,23	3663,25	3662,9	3663,3	—	—	—	—	—	—	—	—
3654,92	3654,96	3655,02	3654,94	3654,4	3654,9	—	—	—	—	—	—	—	—
3650,20	3650,32	3650,37	3650,31	—	3650,3	—	—	—	—	—	—	3650	3650

1) Wellenlängen-Tabellen auf Grund der ultravioletten Bogenspektren der Elemente. Zweiter Theil. p. 54. Franz Deuticke. Leipzig und Wien. 1904.

2) Wellenlängen-Tabellen auf Grund der ultravioletten Funkenspektren der Elemente. Zweiter Theil. p. 66. Franz Deuticke. Leipzig und Wien. 1902.

3) Wied. Ann. Bd. 43. p. 403. (1891).

4) Philosophical Transactions. Vol. 175. p. 136. (1884).

5) Denkschriften der Kaiserlichen Akademie d. Wissenschaften zu Wien. Mathem.-naturw. Classe. Bd. 61. p. 408. (1894). Auch Wied. Ann. Bd. 55. p. 482. (1895).

6) Wied. Ann. Bd. 47. p. 770. (1892).

7) Phil. Trans. Vol. 154. p. 153. (1864). Auch Kayser. Lehrbuch der Spectralanalyse. p. 281. Berlin (1883).

8) Nova Acta Regiae Societatis scientiarum Upsalensis. Ser (3). Vol. 6. p. 29. (1868).

9) Kayser. Lehrbuch der Spectralanalyse. p. 251.

10) Spectres lumineux. p. 170 Gauthier-Villars. Paris. (1874).

11) Kayser. L. c.

12) Monatsberichte der Akademie d. Wissenschaften zu Berlin. p. 598 (1879).

a) Sehr unscharf.

b) Bei hoher Verdünnung.

1) Neulich sind von J. Stark (Ann. d. Phys., Bd. 16, p. 490 (1905)) Versuche über die Linienspectra des Quecksilbers veröffentlicht worden, wobei bei den Messungen die von Kayser und Runge, sowie Eder und Valenta erhaltenen Werthe als genau zugrunde gelegt sind, weshalb wir seine Zahlen hier anzugeben für überflüssig halten.

Eder und Valenta haben bekanntlich auch ein Bandenspectrum des Quecksilberdampfes in Geissleröhren gefunden¹⁾. Wie es sich herausstellte, erschien auch bei unseren Versuchen mit der Arons'schen Quecksilberbogenlampe bei sehr langer Ueberexposition ein Bandenspectrum als Hintergrund, welches in dem Bereiche des bekannten liegt und wohl mit demselben identisch sein mag. Diese Thatsache ist insofern vom Interesse, dass dieses Bandenspectrum, welches sonst unter ganz bestimmten Bedingungen in den Geissleröhren auftritt, auch in der Quecksilberbogenlampe nicht ganz fehlt. Es ist nur höchst schwach vertreten, so dass man sehr lange exponiren muss, um es hervortreten zu lassen.

§ 5.

Specielle Einrichtungen zu den Beobachtungen über das Absorptionsspectrum des Bromdampfes.

Der Zweck der vorliegenden Untersuchungen bestand ausser, eine möglichst vollständige Beschreibung eines Theils des Absorptionsspectrums des Bromdampfes zu geben, noch hauptsächlich darin, den Einfluss von Temperatur, Druck und Dichte des Bromgases auf das Aussehen des Absorptionsspectrums desselben einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen.

Das Absorptionsspectrum des Bromdampfes ist ausführlich von Hasselberg²⁾ beschrieben worden, doch reichen seine Untersuchungen über den etwaigen Einfluss der Temperatur nicht über 100° C. hinaus. Es schien uns daher vom Interesse, dieses Gebiet auf weit höhere Temperaturen auszudehnen.

Umfangreiche Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur, des Druckes und der Dichte auf das Absorptionsspectrum des Joddampfes sind in neuerer Zeit von Konen³⁾ ausgeführt worden, der mit Hülfe von schwerschmelzbaren Glassorten bis 800° C. heraufgegangen ist. Für das Jodspectrum haben nach seinen Untersuchungen weder Druck, noch Dichte, noch Temperatur eine Verschiebung der Linien bewirkt.

Dagegen verbreitern sich dieselben am stärksten mit wachsender Dichte und Dicke der Schicht, während Druck und Temperatur einen viel geringeren Einfluss ausüben. Bei seinen Versuchen schwankte die Dicke der Schicht zwischen 2 und 25 cm., die Dichte zwischen 0,065 und 2,98 (auf Luft bezogen); der Gesamtdruck zwischen dem Bruchtheil eines Millimeters und 3,5 Atm.

1) Wied. Ann. Bd. 55. p. 487 (1895).

2) Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademies Handlingar. Bd. 24. № 3. (1891).

3) Annalen der Physik und Chemie. Bd. 65. p. 257. (1898).

Zu der Zeit, wo diese Untersuchungen begonnen wurden, wurde das schwerschmelzbare Quarzglas von der Firma W. C. Heraeus in Hanau noch nicht angefertigt, daher musste man sich am Anfang mit Absorptionsgefässen aus gewöhnlichem Glas begnügen, wobei die Temperatur des Bromgases nicht über 550° C. getrieben werden konnte. Später sind für unsere Zwecke von der genannten Firma specielle Absorptionsgefässe nach Bestellung aus Quarzglas angefertigt worden, welche uns ermöglichten, das Temperaturgebiet bis auf 1300° C. auszudehnen.

Es ist eine sehr grosse Anzahl von Aufnahmen über das Absorptionsspectrum des Broms und zwar mit verschiedenen Absorptionsgefässen und unter den verschiedensten Bedingungen gemacht worden. Die wichtigsten derselben, die zur Lösung der von uns gestellten Aufgabe etwas zu liefern im Stande waren, werden später besprochen.

Für die erste Reihe von Versuchen haben wir gewöhnliche, breite, cylindrische, an beiden Enden zugeschmolzene Glasrohre, welche mit Bromdampf gefüllt wurden, benutzt, durch welche ein enges Strahlenbündel von einer kräftigen Bogenlampe durchgelassen wurde. Diese Röhren wurden mit verschiedenen Quanta von Brom gefüllt, so dass man auf diese Weise Absorptionsgefässe mit verschiedener Dichte des zu untersuchenden Broms zur Verfügung hatte. Da ausserdem diese Rohre verschiedene Durchmesser hatten, so konnte die Dicke der von den Strahlen zu passierenden Schicht in jedem Falle immer passend ausgewählt werden. Diese Röhren wurden auf verschiedene Temperaturen (nicht höher als 550° C.) gebracht und das entsprechende Absorptionsspectrum photographiert. Bei einer solchen Erwärmung blieb die mittlere Dichte des Bromgases in einem und demselben Rohr immer dieselbe, soweit man von der unbedeutenden Ausdehnung des Glases absieht und unter der ausdrücklichen Bedingung, dass bei den Versuchen bei niedriger Temperatur keine Spuren vom flüssigen Brom im Absorptionsgefäss vorhanden waren.

Zur Verfertigung dieser Absorptionsgefässe wurden Glasrohre von zwei verschiedenen inneren Durchmessern, nämlich von 2 cm. und von 5 cm., angewandt. Ein Ende eines solchen Rohres wurde zu einem dünnen Hals ausgezogen, sodass noch gerade ein kleines abgeschmolzenes Röhrchen mit der nöthigen Portion flüssigen Bromes hindurchschlüpfen konnte, das andere Ende wurde einfach ausgezogen, zugeschmolzen und kugelig aufgeblasen. Die Zubereitung des luftfreien abgeschlossenen Bromquantums für das Absorptionsgefäss geschah auf folgende Weise.

Es wurde zunächst eine kleine Glaskugel mit flüssigem Brom, von Kahlbaum als chemisch rein bezogen, gefüllt und zugeschmolzen. Dieselbe wurde alsdann in ein geräumiges an einem Ende durch ein kleines Ansatzstück mit einer Quecksilberluftpumpe in Verbindung stehendes Glasrohr gebracht, an dessen anderem Ende eine durch eine Capillare verbundene, oben zugeschmolzene kleine Abtheilung sich befand, welche dazu bestimmt war, die eigentliche Portion der Versuchsflüssigkeit aufzunehmen.

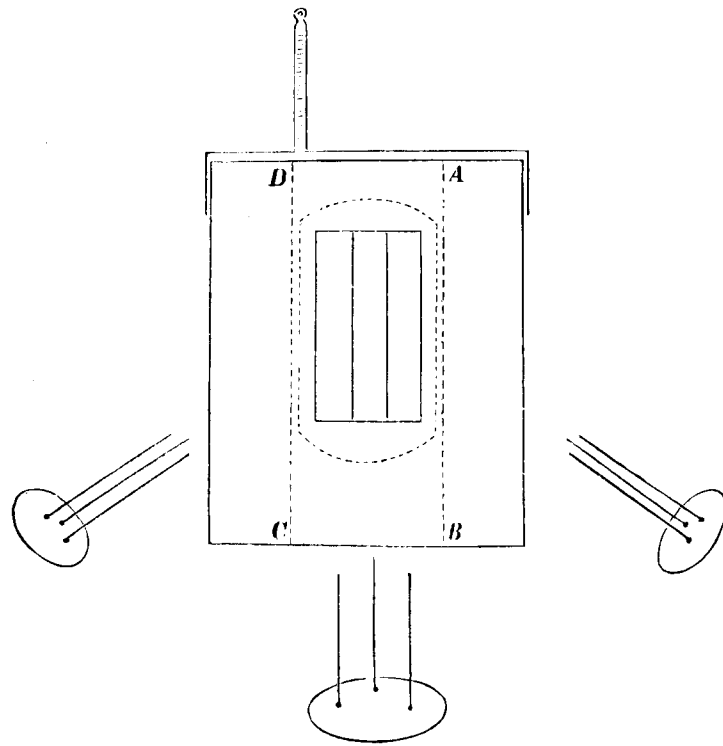
Nachdem mittelst der Quecksilberluftpumpe aus diesem Glasrohr die Luft entfernt war, wurde dasselbe durch Abschmelzen des Ansatzstückchens von der Quecksilberluftpumpe ge-

trennt und die kleine Kugel alsdann durch Schütteln zerschmettert, wobei sich der ganze abgeschlossene Raum mit Bromdampf und zum Theil mit flüssigem Brom füllte. Darauf wurde durch Erhitzen des kleinen Reservoirs aus dem in demselben sich befindlichen flüssigen Brom jede Spur von Luft in den oberen Dampftheil getrieben und die Capillare dazwischen alsdann abgeschmolzen. Auf diese Weise konnte man sicher sein, über ein luftfreies Quantum von Brom zu verfügen. Dieses Röhrchen wurde dann durch den oben erwähnten dünnen Hals in das Absorptionsrohr gebracht und aus dem letzteren die Luft mittelst der Quecksilberluftpumpe entfernt. Nach dem Abschmelzen des Absorptionsrohres an dem Halse zerschmetterte man in demselben durch Schütteln das kleine mit Brom gefüllte Röhrchen und hatte somit das Absorptionsgefäß fertig.

In solchen Absorptionsrohren hat die absorbierende Schicht die Form einer Cylinderlinse, deren Axe während des Versuchs immer parallel dem Spalt gestellt wurde. Diese Rohre wurden von allen Seiten bedeckt, und nur in der Mitte derselben wurde ein enger Spalt zum Durchgang der Strahlen frei gelassen. Es stand nahe zu befürchten, dass kleine Verstellungen des Absorptionsgefäßes im Thermostaten während des Erwärmens eine entsprechende Verschiebung des Spectrums auf der photographischen Platte nach sich ziehen könnten. Diese Befürchtung hat sich jedoch, wie Controllversuche es gezeigt haben, nicht bewährt. Man konnte das Absorptionsgefäß absichtlich zwischen sehr weiten Grenzen verstellen, ohne irgend welche Veränderung im Spectrum hervorzurufen.

Der Thermostat, welcher zur Aufnahme dieser Absorptionsgefäße diente, bestand aus einem Eisenblechkasten (siehe die Fig. 3), welcher ein mit einem verticalen Spalt versehenes, aufrecht stehendes Metallrohr *ABCD* zur Aufnahme der Absorptionsgefäße enthielt. In diesem Kasten befanden sich einander gegenüber zwei Glasfenster, welche ebenfalls theilweise bedeckt wurden, so dass nur ein enger Spalt für den Durchgang der Strahlen frei gelassen war. Der ganze innere freie Raum dieses Thermo-

Fig. 3.



staten wurde mit Metallspähnen oder Sand ausgefüllt. Zur Heizung dienten drei dreifache Bunsenbrenner oder nach Bedarf für höhere Temperaturen zwei Gebläse und ein dreifacher Brenner.

staten wurde mit Metallspähnen oder Sand ausgefüllt. Zur Heizung dienten drei dreifache Bunsenbrenner oder nach Bedarf für höhere Temperaturen zwei Gebläse und ein dreifacher Brenner.

Mit Hilfe dieser Vorrichtung konnten die Versuche bis zu einer Temperatur von 550° C. ausgedehnt werden.

Versuche mit Absorptionsröhren aus schwerschmelzbaren Glassorten bis zu Temperaturen von 800° C. missglückten gewöhnlich, da das Glas bei dem geringsten Ueberdruck von Aussen oder von Innen deformiert wurde.

Es wurden im Ganzen bei unseren Untersuchungen sechs Absorptionsgefäße, die in der früher besprochenen Weise hergestellt waren, verwendet.

Drei von denselben, die №№ I, II und III hatten einen inneren Durchmesser von circa 2 cm.; die anderen drei, nämlich die №№ I', II' und III'' wurden aus einem Rohr von circa 5 cm. lichter Weite verfertigt. Es wurden noch zwei andere Rohre №№ III' und IV' ebenfalls von demselben grossen Caliber gemacht, aber dieselben enthielten so wenig Brom, dass sie keine scharfen Absorptionslinien im Spectrum gaben. Das Rohr III'' wurde daher später als Ersatz hergestellt und bei einigen Versuchen verwendet.

Die Brommenge in jedem Absorptionsrohr wurde nach Beendigung aller Versuche durch genaue Auswägungen mit Berücksichtigung aller Correctionen ermittelt. Das innere Volumen der Absorptionsrohre wurde durch Auswägungen mit Wasser bestimmt. Alle diese Bestimmungen geschahen bei einer Zimmertemperatur von etwa 22° C.

Kennt man das Gewicht des Bromes und das entsprechende Volumen, so hat man auch sofort die mittlere Dichte d desselben im betreffenden Absorptionsgefäß.

In der folgenden Tabelle V sind nun diese Daten zusammengestellt.

Tabelle V.

Nummer des Absorptionsgefäßes.	Gewicht des enthaltenen Bromes.	Inneres Volumen des Gefäßes.	Mittlere Dichte des Bromes. d
I	0,0561 Gr.	24,409 c. c.	0,00230
II	0,0938	24,372	0,00385
III	0,1804	24,968	0,00723
I'	0,1825	140,906	0,00130
II'	0,1102	158,481	0,00070
III''	0,4110	128,262	0,00320

Einige von diesen Absorptionsröhren enthielten so viel Brom, dass die mittlere Dichte desselben bei niedrigen Temperaturen grösser als die entsprechende Dichte des gesättigten Dampfes bei dieser Temperatur ausfiel. Folglich enthielten diese Röhre bei niedrigen Temperaturen ausser Bromdampf noch Spuren von flüssigem Brom, deshalb änderte sich am Anfang bei der Erwärmung dieser Absorptionsgefässe die Dichte der absorbierenden Bromdampfschicht, aber von einer bestimmten Temperatur an, die wir durch t_c bezeichnen werden, konnte die Dichte im Absorptionsrohr als constant angesehen werden.

Um diese Temperatur t_c für jedes Rohr bestimmen zu können, ist es nöthig die Dichte des gesättigten Bromdampfes für jede Temperatur zu kennen. Es liegen über dieses Gebiet wenige Versuche vor, aber man konnte sich für unseren Zweck mit einer angenäherten Berechnung begnügen und zwar auf Grund des Mariotte-Gay-Lussac'schen Gesetzes.

Ist d_m die gesuchte Dichte des gesättigten Bromdampfes, p_m die entsprechende Spannkraft desselben, t die Temperatur und δ_t die Dichte des gasförmigen Broms auf Luft bezogen, so hat man bekanntlich die folgende Beziehung:

$$d_m = \delta_t \cdot 0,001293 \frac{p_m}{760} \cdot \frac{1}{1 + \alpha t}, \dots \dots \dots (9)$$

wo α den Ausdehnungscoefficienten (0,00367) der Luft bedeutet.

Da das Mariotte-Gay-Lussac'sche Gesetz bekanntlich seine Gültigkeit nicht bis zum Sättigungspunkt behält, so werden die nach der Formel (9) berechneten Werthe von d_m etwas zu klein ausfallen, folglich kann man, wenn für eine bestimmte Temperatur (t_c) die mittlere Dichte des Bromes im Absorptionsrohr gleich dem auf Grund der Formel (9) berechneten Werth von d_m wird, schon ganz sicher sein, dass bei dieser Temperatur keine Spur von flüssigem Brom nachgeblieben ist und von dieser Temperatur aufwärts die Dichte der absorbierenden Schicht (abgesehen von der Ausdehnung des Glasgefässes selbst) immer constant bleiben wird.

Die in der Formel (9) vorkommende Dichte des Bromes (bezogen auf Luft) δ_t ist keine eigentliche Constante, sondern sie nimmt mit wachsender Temperatur infolge der eintretenden Dissociation des Bromes etwas ab.

Nach den Angaben von Jahn¹⁾ lässt sich die Aenderung von δ_t mit der Temperatur zwischen bestimmten Grenzen bei niedrigerer Temperatur durch folgende Formel darstellen

$$\delta_t = 5,8691 - 0,00153 t. \dots \dots \dots (10)$$

Bei höchster Temperatur des Perrot'schen Ofens soll nach Crafts²⁾ δ_t nur etwa 0,8 der Dichte bei niedrigerer Temperatur ausmachen.

1) Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft. 15. p. 1238.
2) Comptes rendus. 90. p. 188.

Will man nun die Dichte des gesättigten Bromdampfes nach der Formel (9) berechnen, so muss man die Spannkraft des gesättigten Dampfes kennen. Für niedrige Temperaturen liegen Zahlenangaben von Ramsay und Young¹⁾ vor, für höhere dagegen fehlen sie unseres Wissens noch ganz. Da aber die Kenntniss der Spannkraft des gesättigten Bromdampfes für unsere weiter zu besprechende Einrichtung bei unserer zweiten Versuchsreihe unbedingt nöthig war, so haben wir einige Bestimmungen für höhere Temperaturen gemacht und dadurch die früher auf diesem Gebiet vorliegenden Data etwas ergänzt.

Zu diesen Bestimmungen haben wir ein U-förmiges Rohr mit einem kurzen weiten und einem langen, engeren cylindrischen Schenkel, wie es auf der Figur 4 angedeutet ist, benutzt.

Das Rohr wurde zum grösseren Theil mit flüssigem Brom gefüllt. Der Schenkel A enthielt in seinem oberen Theil gesättigten Bromdampf, dessen Spannkraft gemessen werden sollte, während der obere Theil des Schenkels B noch mit Luft gefüllt war und als Luftmanometer diente. Da das Quecksilber von Brom angegriffen wird, so musste als Manometerflüssigkeit das Brom selbst benutzt werden.

Der Schenkel A wurde auf verschiedene Temperaturen gebracht und aus dem Stand der Manometerflüssigkeit der entsprechende Druck abgeleitet.²⁾

Es ergaben sich auf diese Weise folgende Resultate:

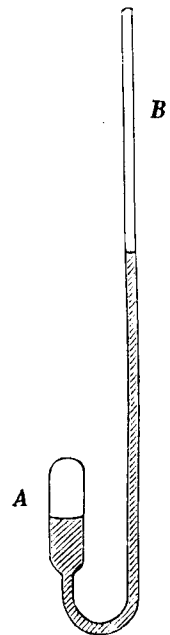
Temperatur.	Spannkraft des gesättigten Bromdampfes.
59,9 C.	810,6 mm = 1,067 Atm.
103,3	2841,9 — = 3,739 —
155,7	8781,7 — = 11,555 —

Auf Grund dieser Data und der früheren Zahlenangaben von Ramsay und Young lässt sich die Tabelle VI (S. 22) für die Spannkraft des gesättigten Bromdampfes p_m bei verschiedenen Temperaturen t zusammenstellen. Die dritte Colonne der Tabelle enthält die mit diesen Werthen von p_m berechneten Dichten d_m des Bromdampfes und zwar auf Grund der Formel (9) und unter Berücksichtigung der Beziehung (10).

Mit Hilfe dieser Werthe von d_m und auf Grund der Zahlen der Tabelle V lässt sich leicht durch graphische Interpolation für jedes der sechs Absorptionsgefässe diejenige Temperatur t_c bestimmen, von welcher aus die Dichte der absorbierenden Bromschicht sicher als constant angesehen werden darf.

Die entsprechenden Werthe sind in der Tabelle VII (S. 22) zusammengestellt.

Fig. 4.



1) Journal of the Chem. Soc. of London. 49. p. 453.
2) Die etwaige Absorption der Luft durch das flüssige Brom wurde ausser Acht gelassen.

Tabelle VI.

<i>t</i>	<i>p_m</i>	<i>d_m</i>
— 25° C.	8 ^m / _m	0,00009
— 20	15	0,00016
— 15	24	0,00025
— 10	35	0,00036
— 5	49	0,00050
0	66	0,00066
+ 5	86	0,00084
10	110	0,00106
15	138	0,00130
20	173	0,00160
25	215	0,00195
30	267	0,00238
35	325	0,00285
40	395	0,00340
45	472	0,00400
50	580	0,00483
55	702	0,00575
60	821	0,00661
103,3	2842	0,02002
155,7	8782	0,05354

Tabelle VII.

N ^o des Absorptionsrohrs.	<i>t_c</i>
I	+ 29° C.
II	44
III	62
I'	15
II'	1
III''	38

Bei dieser ersten Versuchsreihe mit Absorptionsgefässen mit constanter Brommenge kann die Dichte der absorbierenden Schicht nicht nach Belieben variiert werden. Es ist aber in der That sehr wichtig, wenn man den Einfluss der Dichte, des Druckes und der Temperatur eines Gases auf das Aussehen des entsprechenden Absorptionsspectrums desselben getrennt studieren will, eine solche Vorrichtung zu treffen, bei welcher eines von diesen drei Elementen beliebig geändert werden konnte. Es ist von vornherein nicht bekannt, welches eigentlich von diesen drei Elementen eine etwaige Veränderung im Aussehen des Absorptionsspectrums hervorruft, daher ist es nothwendig, folgende vergleichende Versuche anzustellen:

- 1) Die Dichte der absorbierenden Schicht bleibt constant, die Temperatur derselben wird geändert.
- 2) Der Druck bleibt constant, die Temperatur wird geändert.
- 3) Die Temperatur bleibt constant, der Druck wird geändert.

Dabei ist es sehr wünschenswerth, in jedem Fall mit demselben Absorptionsgefäss in derselben Lage desselben die photographischen Aufnahmen zu machen, um jede etwa durch äussere Manipulationen verursachte Verschiebung der Linien zu vermeiden.

Eine solche Vorrichtung, die wir gleich beschreiben werden, haben wir in der That bei unserer zweiten Versuchsreihe in Anwendung gebracht.

Will man dabei den Einfluss der Temperatursteigerung genauer studieren, so muss man im Stande sein, die Erwärmung des Absorptionsgefässes so hoch wie möglich zu treiben.

Zu Temperaturen bis 1300° C. konnte man erst heraufgehen, seitdem die Firma W. C. Heräus in Hanau anfang das so werthvolle, schwerschmelzbare Quarzglas herzustellen. Man braucht nur an seinen geringen Ausdehnungscoefficienten zu denken und, dass sein Erweichungspunkt um 800° C. höher liegt, als der des gewöhnlichen Glases, um seine grosse Bedeutung für solche und ähnliche Versuche einzusehen.¹⁾

Es wurden für unsere Versuche specielle Absorptionsrohre aus Bergkrystall von Heräus bezogen, deren Form aus der Figur 5 ersichtlich ist.

Diese Röhren *AB* waren nach Art der gewöhnlichen horizontalen Absorptionsröhren hergestellt. An ihren Enden waren parallele Quarzglasplatten angeschmolzen; ausserdem hatten sie unten ein angeschmolzenes Ansatzrohr *C* aus Quarz, welches zum Hineinbringen des zu untersuchenden Stoffes und zum Verbinden mit einer Quecksilberluftpumpe diente. Dieses Ansatzrohr wurde gegen ein gleich dickes Rohr von gewöhnlichem Glase angeschliffen und von Aussen mit Hilfe von Mennigekitt in einer Metallhülse *D* eingeschlossen, um die Verbindungsstelle luftdicht zu machen. An dieses Rohr schliesst sich weiter ein

1) Zwar soll bei hohen Temperaturen das Quarzglas für Gase sehr durchlässig werden, doch hat sich dieser Uebelstand nur bei dem dünnsten Rohr für den höchsten Druck bemerkbar gemacht, wo in der That Bromdämpfe herauszudiffundieren schienen und an dem Geruch erkenntlich wurden.

Glasreservoir *E* an, welches flüssiges Brom erhielt, nachdem die Luft aus allen Theilen dieses Absorptionsgefäßes mit Hilfe der Luftpumpe zuerst entfernt war. Dieses Reservoir *E* konnte auf verschiedene Temperaturen gebracht werden, nur ist dabei zu berücksichtigen, dass die Temperatur von *E* immer niedriger, als die des eigentlichen Absorptionsrohres *AB* bleiben soll. Auf diese Weise konnte man durch Veränderung der Temperatur von *E* einen beliebigen

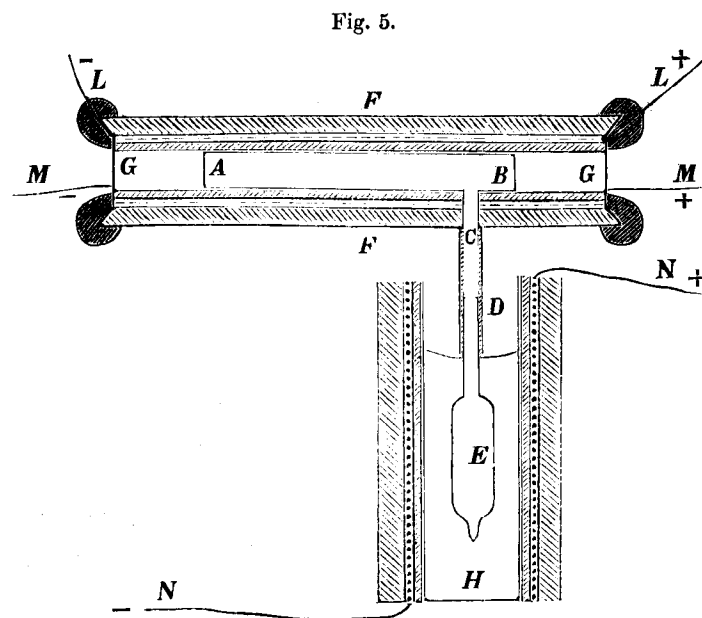


Fig. 5.

Dampfdruck oder Dichte im Absorptionsrohr herstellen, wobei der entsprechende Druck aus der früheren Tabelle VI zu entnehmen ist.

Zum Erwärmen des Absorptionsrohres *AB* diente bei diesen Versuchen ein elektrischer Thermostat, welcher um das Quarzrohr selbst herum hergestellt wurde.

Es wurde zunächst das Quarzrohr in einen Asbestcylinder eingesetzt, sodass derselbe noch ein bedeutendes Stück über die Endplatten *A* und *B* des Absorptionsrohres hinwegragte. Dieser Asbestcylinder wurde mit einem

Band sehr dünner Platinfolie bewickelt. Auf diese folgten dann wieder mehrere Schichten von Asbestschnur und endlich als äusserster Schutz ein Thoncylinder *F*, an dessen Enden Glimmerplatten mit Hilfe von Gyps aufgekittet wurden.

Parallel dem Quarzrohr *AB* und dicht nebenan führte durch den Thermostaten ein dünnes Porzellanrohr, welches zugleich von der Platinfolie bekleidet war und ein Chatelier'sches Thermoelement zur Messung von Temperaturen bis 1600° C. enthielt.

Diese ganze Einrichtung bietet nicht nur den Vortheil, dass man den Druck oder die Dichte im Absorptionsrohr nach Belieben variieren kann, sondern dass man dasselbe auf sehr hohe Temperaturen bis 1300° C. bringen darf, wobei die Enden *A* und *B* des Absorptionsrohres zu derselben hohen Temperatur gebracht sind, wie die Mitte des Rohres, eine Bedingung, welche für solche Absorptionsversuche sehr wichtig ist.

Der nöthige Strom zum Erhitzen des Absorptionsrohres wurde von der 100-voltigen Centrale der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften geliefert, wobei die Stromstärke je nach Bedarf und Beschaffenheit des Thermostaten circa 5—10 Ampère betrug.

Um das Glasreservoir *E* auf verschiedene Temperaturen bringen zu können, tauchte dasselbe entweder in eine Kältemischung, oder, wenn es auf grössere Drucke und Dichten

ankam, in ein Gefäß *H* mit Cocusöl, welches gleichfalls electrisch mittelst einer Drahtspirale geheizt wurde, wobei das Cocusöl sich bei diesen Versuchen als ein vorzüglicher Wärmeisolator erwiesen hat.

Die auf der Fig. 5 durch *LL* bezeichnete Leitung diente zur Heizung des Absorptionsrohres; *MM* ist die Leitung zum Thermoelement und *NN* die zur Heizung des Cocusölbades.

Als Beispiel für die Anwendung dieses Absorptionsrohres wollen wir die drei folgenden Fälle betrachten, wo die Dichte *d*, der Druck *p* oder die Temperatur *t* der Reihe nach constant bleiben. Wählen wir zwei Drucke aus, nämlich $p_1 = 1$ Atm. und $p_2 = 2$ Atm. Diesen zwei Drucke entsprechen nach der Tabelle VI die Temperaturen $t'_1 = 57,6$ C. und $t'_2 = 79,7$ C. des gesättigten Bromdampfes.

Nehmen wir als Ausgangstemperatur für die erste photographische Aufnahme $t_1 = 500^\circ$ C. Die entsprechende Dichte d_1 des Bromdampfes im Absorptionsrohr wird nach den Formeln (9) und (10), wo $p_m = 760$ mm und $t = 500^\circ$ zu setzen ist,

$$d_1 = 0,00229.$$

Es fragt sich nun, bei welcher Temperatur t_2 und bei einem Drucke von 2 Atmosphären die entsprechende Dichte d_2 des Bromes im Absorptionsrohr denselben Werth wie bei 500° C. behält, also $d_2 = d_1$ wird.

Diese Berechnung wird durch die für hohe Temperaturen unbekannte Veränderung von δ_t mit der Temperatur etwas erschwert.

Nimmt man an, dass bei t_2 δ_t denselben Werth 5,1041 wie bei 500° C. behält, so findet man nach der Formel (9) für $t_2 = 1272^\circ$ C. Setzt man aber voraus, dass bei sehr hohen Temperaturen δ_t nach Crafts¹⁾ nur etwa 0,8 der Dichte bei niedriger Temperatur (etwa bei $t = 0^\circ$ C.) ausmacht, also $\delta_t = 4,6953$, so ergibt sich $t_2 = 1174^\circ$ C.

Da es aber bei diesen Versuchen garnicht auf eine genaue Kenntniss der Dichte ankommt und es sich nur darum handelt, die Dichte der absorbierenden Bromschicht ungefähr constant zu halten, so wird diese Unbestimmtheit in dem wahren Werth von δ_t für unseren Zweck ohne Bedeutung sein.

Wollen wir nun für t_2 die Temperatur 1250° C. wählen, so lassen sich die drei erwähnten Fälle tabellarisch zusammenfassen, wie dies auf S. 26 (Tabelle VIII) geschehen ist.

Ausser den Absorptionsgefässen von der eben beschriebenen Form wurden für Untersuchungen bei höheren Drucken noch cylindrische Quarzglasrohre mit Ansatzrohr, aber ohne die planparallelen Platten an den Enden bestellt. Diese Gefässe wurden nach Art der früher beschriebenen Glasrohre verwendet, indem die Axe vertical stand und die Lichtstrahlen somit in der Mitte die an beiden Seiten von Cylinderflächen begrenzte Dampfschicht pas-

1) L. c.
Зан. Физ.-Мат. Орд.

sierten, während sonst bei den horizontalstehenden Rohren die Aus- und Eintrittsstelle der Lichtstrahlen durch planparallele Platten abgeschlossen war. Diese Rohren waren von zwei verschiedenen Durchmessern; die engeren besaßen einen inneren Durchmesser von circa 1,5 cm., die breiteren von circa 4 cm.

Tabelle VIII.

	Druck. p	Temperatur. t	Dichte. d	Bemerkungen.
Fall I	1 Atm.	500° C.	0,00229	d ist als constant anzunehmen.
	2 —	1250	0,00232—0,00217 ¹⁾	
Fall II	2 —	500	0,00457	p constant.
	2 —	1250	0,00232—0,00217 ¹⁾	
Fall III	1 —	1250	0,00116—0,00109 ¹⁾	t constant.
	2 —	1250	0,00232—0,00217 ¹⁾	

Der electrische Thermostat für diese Absorptionsrohre wurde ähnlich, wie der früher beschriebene, nur etwas geräumiger gebaut, wobei die an beiden Enden GG (siehe Fig. 5) hinwegragenden Abtheilungen mit Gyps gefüllt wurden, sodass in der Mitte nur ein schmaler verticaler Schlitz zum Durchgang für die Lichtstrahlen nachblieb. Das Thermoelement wurde in diesem Fall neben dem Ansatzrohr C ohne Schutzhülse hineingeführt und von Aussen mit Gyps befestigt und isoliert. Aus der Fig. 5 ist ihre Aufstellung gleichfalls ersichtlich, wo man sich anstelle der Abtheilung AB als Ansatzstück von C einen verticalstehenden, cylindrischen Theil nach der Art der unteren Abtheilung E sich zu denken hat, wobei der obere Thermostat FF in der Figur symmetrisch zu stehen kommt. Die Zubereitung der Portion des luftfreien Bromes geschah vollständig in der oben bei den mit Glasrohren angestellten Versuchen beschriebenen Weise, indem hier das Röhrchen mit dem Bromquantum durch die untere Verengung von E hineingeführt, die Luft mit der Quecksilberluftpumpe entfernt und das Rohr darauf an der engen Stelle des Halses unterhalb E abgeschmolzen wurde.

1) Je nachdem man bei 1250° C. $\delta = 5,1041$ oder $\delta = 4,6953$ annimmt.

§ 6.

Erste Versuchsreihe über das Absorptionsspectrum des Bromdampfes mit cylindrischen Absorptionsgefässen aus Glas.

Es war mit diesen Absorptionsgefässen eine sehr grosse Anzahl von Aufnahmen gemacht worden und zwar unter den verschiedensten Bedingungen bezüglich der absorbierenden Bromschicht.

Wenn man die auf solche Weise erhaltenen Spektra mit einander vergleichen will, so ist es unbedingt notwendig, dass dieselben auf der zu vergleichenden photographischen Platte möglichst gleich intensiv aussehen, da aber die Durchlässigkeit des Bromes von verschiedenen Bedingungen, wie Dichte, Dicke der Schicht, Temperatur abhängt, so sahen wir uns genöthigt, eine Anzahl von speciellen Aufnahmen zu machen, um die richtige Expositionszeit für jeden Fall vorher festzustellen.

Wir werden nicht alle mit diesen Absorptionsröhren gemachten Versuche mittheilen, da sie im Wesentlichen wenig von einander sich unterscheiden, und werden nur die charakteristischsten Platten einer kurzen Besprechung unterziehen.

Platte № 33.

Sie enthält 5 Aufnahmen im Bereiche des gelben und grünen Theils des Spektrums mit dem Rohr № I (Dicke der absorbierenden Bromschicht 2 cm.) bei 5 verschiedenen Temperaturen, nämlich

$$20^{\circ} \text{ C.} - 75^{\circ} \text{ C.} - 150^{\circ} \text{ C.} - 320^{\circ} \text{ C.} - 485^{\circ} \text{ C.},$$

alle bei der gleichen Expositionszeit von je 1 Minute.

Da für das Rohr I $t_c = 29^{\circ} \text{ C}^1)$ ist, so war die Dichte des Broms bei der Aufnahme bei $t = 20^{\circ} \text{ C.}$ etwas kleiner und zwar nach der Tabelle VI war $d = 0,00160$, während für die übrigen vier anderen Aufnahmen die Dichte des Broms constant blieb und gleich $0,00230^2)$ war.

Die entsprechende Platte ist auf der Fig. 6 wiedergegeben.

Fig. 6 (Platte № 33).

Die Temperaturintervalle sind dermaassen klein, dass keine wesentlichen Veränderungen im Aussehen der Absorptionslinien beim Uebergang von einem Spektrum zu dem anderen sich erkennen lassen.

1) Siehe Tabelle VII.

2) Siehe Tabelle V.

Eine Thatsache leuchtet jedoch aus diesen Aufnahmen hervor, nämlich die, dass bei steigender Temperatur und bei genau denselben Bedingungen in Bezug auf Dichte, Dicke der absorbierenden Schicht und Expositionszeit, die Durchlässigkeit des Bromdampfes stetig abnimmt.

Platte № 49.

Sie enthält 5 Aufnahmen mit dem Rohr № I' (Dicke der absorbierenden Schicht 5 cm.) bei 5 verschiedenen Temperaturen, nämlich

$$20^{\circ} \text{ C.} - 100^{\circ} \text{ C.} - 200^{\circ} \text{ C.} - 300^{\circ} \text{ C.} - 400^{\circ} \text{ C.},$$

alle bei derselben Expositionszeit von je 5 Minuten.

Da t_c für dieses Rohr gleich 15° C. ist, so war die Dichte der absorbierenden Bromschicht in allen diesen fünf Fällen dieselbe und zwar nach der Tabelle V gleich 0,00130.

Die entsprechende Platte ist auf der Figur 7 wiedergegeben.

Fig. 7 (Platte № 49).

Da in diesem Falle die Dicke der absorbierenden Schicht grösser war, als bei der Platte № 33, so sind die Absorptionslinien auch viel schärfer ausgekommen.

Wesentliche Veränderungen im Aussehen der Spektra bei verschiedenen Temperaturen, wenn man die Aufnahmen unter dem Mikroskop betrachtet, lassen sich nicht erkennen.

Diese Platte zeigt jedoch in sehr anschaulicher Weise die Abnahme der Durchlässigkeit des Bromdampfes bei genau derselben Dichte mit der Temperatur.

Platte № 42.

Sie enthält Aufnahmen mit drei verschiedenen Röhren №№ III, I und II, alle von 2 cm. Durchmesser.

Alle drei Aufnahmen erfolgten bei einer Temperatur von 150° C. , wobei die Expositionszeit so gewählt wurde, dass die drei Aufnahmen möglichst gleich intensiv ausfielen.

Rohr.	Dichte. ¹⁾	Expositionszeit.
III	0,00723	45 Min.
I	0,00230	1 —
II	0,00385	10 —

Die entsprechende Platte ist hier nicht wiedergegeben.

1) Nach der Tabelle V.

Fig. 6 (Platte 33)

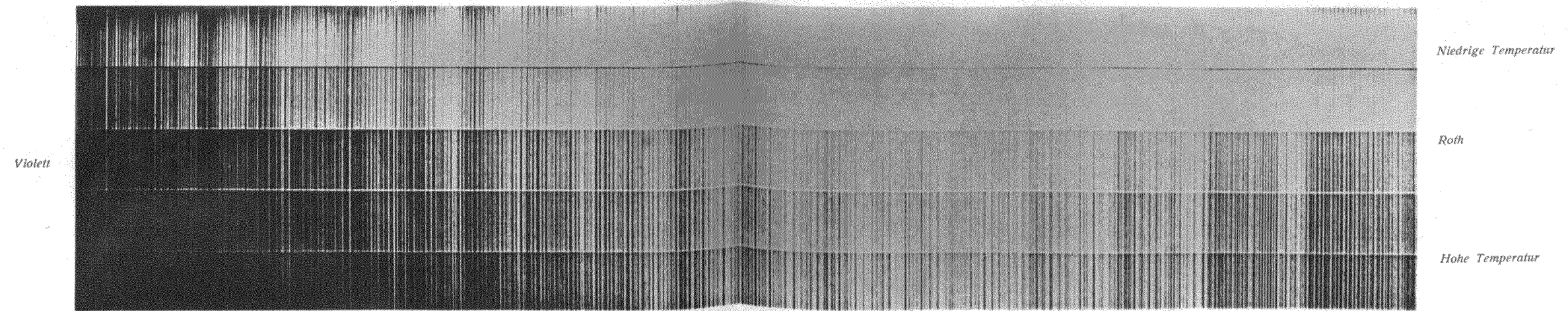


Fig. 7 (Platte 49)

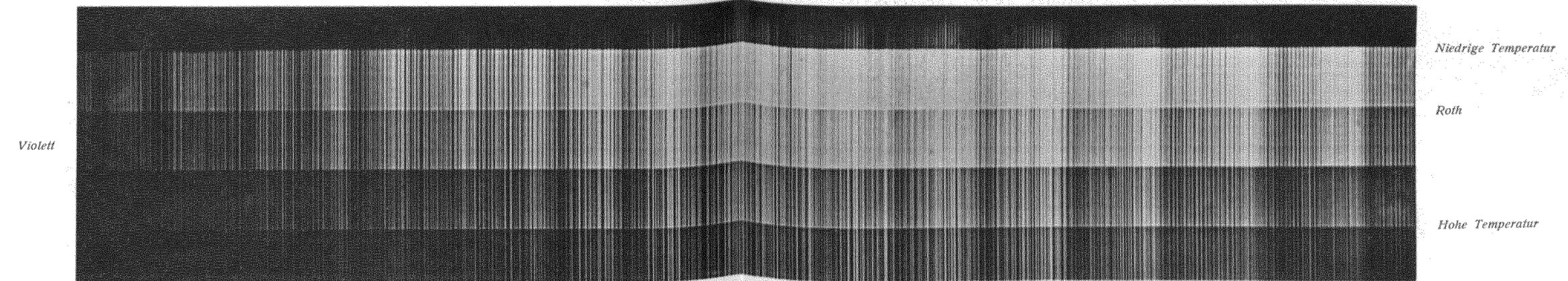


Fig. 8 (Platte 106)

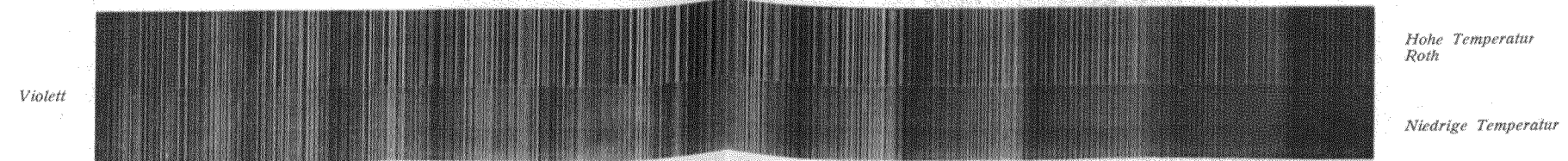
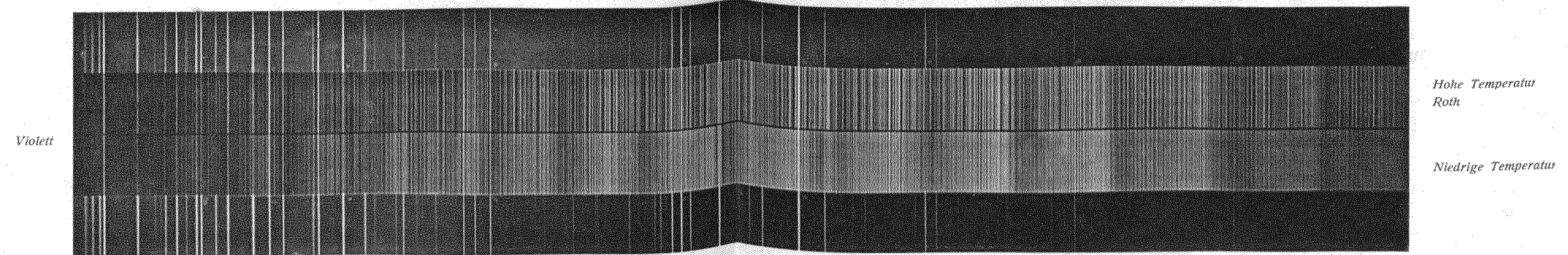


Fig. 9 (Platte 164)



Unter dem Mikroskop gesehen, sind auch in diesem Fall, wo die Temperatur constant, aber die Dichte veränderlich war, keine wesentlichen Veränderungen im Spektrum zu erkennen.

Platte № 44.

Sie enthält vier verschiedene Aufnahmen mit den Röhren I', II', III' und IV', die eine Dicke von 5 cm. hatten, bei einer Temperatur von 280° C.

Die Röhren III' und IV' enthielten zu wenig Brom und sind deshalb zur Erhaltung scharfer Spektra ungeeignet. Obgleich die photographische Aufnahme für sie nur 1 Min. gedauert hat, sind die entsprechenden Spektra doch überexponiert.

Für die beiden anderen Rohre haben wir die folgenden Data.

Rohr.	Dichte.	Expositionszeit.
I'	0,00130	10 Min.
II'	0,00070	2 —

Unter dem Mikroskop gesehen ist im Allgemeinen der Charakter der Linien unverändert, aber es scheinen einige Absorptionslinien des Spektrums № I' (bei grösserer Dichte des Broms) ein klein wenig nach Roth in Bezug auf das Spektrum II' verschoben zu sein.

Diese ganz unbedeutende Verschiebung ist wahrscheinlich auf secundäre Ursachen zurückzuführen, da bei diesem und den früheren Versuchen der Spectrograph den oben beschriebenen Schutz gegen Temperaturänderungen noch nicht bekommen hatte, wobei es sehr wohl möglich ist, dass der Spectrograph während der Beobachtungen eine etwas veränderte Lage angenommen hat.

Erst nach diesen Versuchen sahen wir uns genöthigt alle möglichen Vorsichtsmaassregeln zu treffen, um die Temperaturconstanz um den Spectrographen herum zu sichern; der früher erwähnte Temperaturschutz wurde gebaut und die Temperaturen beim Gitter und Spalt, wenn nöthig, während der Aufnahmen gemessen.

Ausserdem, wenn es sich darum handelte, Aufnahmen bei einer niedrigen und dann bei einer höheren Temperatur neben einander zu machen, wurden die zur Erwärmung des Thermostaten dienenden Bunsenbrenner in der Nähe desselben etwa 2 Stunden vor dem Beginn der Aufnahme bei niedriger Temperatur angezündet, um den Beobachtungsraum vorher möglichst ins Temperaturgleichgewicht zu bringen und weiteren Temperaturschwankungen vorzubeugen. Nach erfolgter Aufnahme bei Zimmertemperatur setzten wir dann die Bunsenbrenner am Thermostaten dicht an, und nach erreichter Constanz der Temperatur desselben wurde die zweite Aufnahme bei höherer Temperatur der absorbierenden Bromschicht gemacht.

Infolge aller dieser getroffenen Maassregeln sind die weiter unten mitzutheilenden Versuche als viel zuverlässiger zu betrachten.

Platte № 104.

Sie enthält drei Aufnahmen mit den breiten Röhren №№ III'', II' und I' bei nahe liegenden, aber sehr hohen Temperaturen.

Rohr.	Dichte.	Temperatur des Broms.	Temperatur des Gitters.	Expositionszeit.
III''	0,00320	380° C.	17,000 C.	60 Min.
II'	0,00070	360 —	17,019 —	1/2 —
I'	0,00130	355 —	17,035 —	3 —

Unter dem Mikroskop sieht man die Linien bei der grösseren Dichte der Bromschicht sehr scharf abgegrenzt. Irgend welche Verschiebung der Ränder der Linien lässt sich nicht erkennen.

Es ergibt sich also das Resultat, dass bei nahe liegenden hohen Temperaturen eine mehr als vierfache Verdichtung der Bromschicht keine wesentliche Veränderung im Spektrum hervorruft.

Platte № 106.

Sie enthält zwei Aufnahmen mit dem breiten Rohr № I' (Dichte $d = 0,00130$) bei zwei verschiedenen Temperaturen.

Temperatur des Broms.	Temperatur des Gitters.	Temperatur des Spaltes.	Expositionszeit.
103° C.	17,180 C.	21,0 C.	2 Min.
380 —	17,200 —	21,5 —	6 —

Die entsprechende Platte ist auf der Fig. 8 wiedergegeben.

Fig. 8 (Platte № 106).

Die Expositionszeiten sind so gewählt worden, dass beide Aufnahmen fast gleich intensiv ausfielen.

Diese Platte, unter dem Mikroskop gesehen, zeigt schon ganz deutlich eine Veränderlichkeit der Stärke einiger Absorptionslinien mit der Temperatur. Auch sind kleine Verschiebungen, Verbreiterungen und Veränderungen in der Deutlichkeit der Ränder der Linien zu erkennen.

Platte № 114.

Es ist eine Wiederholung des Versuches mit der Platte № 106, aber zwischen weiteren Temperaturgrenzen. Die erhaltenen Spektren sind gleich intensiv.

Rohr № I'. Dichte $d = 0,00130$.

Temperatur des Broms.	Temperatur des Gitters.	Temperatur des Spaltes.	Temperatur der photogr. Platte.	Expositionszeit.
110° C.	17,360 C.	21,3 C.	18,40 C.	3 Min.
535 —	17,380 —	22,5 —	18,40 —	9 —

Es sind ebenfalls kleine Veränderungen an einzelnen Absorptionslinien zu erkennen.

Alle diese und eine ganze Anzahl anderer mit cylindrischen Absorptionsröhren aus Glas ausgeführten Versuche haben nur eine qualitative Bedeutung. Erst die folgende zu besprechende photographische Platte № 164 wurde einer genauen Ausmessung unterzogen; die Resultate dieser Ausmessung sind in dem folgenden § 7 zusammengestellt.

Aus diesen Versuchen mit cylindrischen Absorptionsröhren lassen sich fürs Erste folgende Schlüsse ziehen:

- 1) Die Durchlässigkeit des Bromdampfes bei genau derselben Dichte desselben nimmt mit steigender Temperatur ab, folglich bedürfen unter gleichen übrigen Bedingungen photographische Aufnahmen bei höherer Temperatur längerer Expositionszeiten.
- 2) Eine Aenderung der Dichte der absorbierenden Bromschicht bei derselben Temperatur ruft, wenigstens zwischen den bei uns vorgekommenen Grenzen, keine wesentliche Veränderung im Aussehen der einzelnen Linien der Spectra hervor. Mit wachsender Dichte wird das Spektrum nach Roth zu intensiver, während das violette Ende mehr und mehr absorbiert wird.
- 3) Eine Aenderung der Temperatur des Bromdampfes bei genau derselben Dichte desselben wird von kleinen Veränderungen an einzelnen Absorptionslinien begleitet.

Ausserdem haben specielle Versuche gezeigt, dass mit wachsender Schichtdicke des Bromdampfes das Spektrum desselben nach roth zu intensiver wird.

§ 7.

Das Absorptionsspektrum des Bromdampfes bei 24° C. und 523° C.

Die entsprechenden Aufnahmen (Platte № 164) wurden mit dem breiten Rohr № I' erhalten.

Da t_c für dasselbe gleich 15° C. wird¹⁾, so war die Dichte der absorbierenden Bromschicht in beiden Fällen genau dieselbe und zwar ist

$$d = 0,00130.$$

Zum Zweck der Ausmessung der Bromlinien wurde auf beiden Seiten der Bromspektra noch das Eisenspektrum photographiert.

Um dabei die störende Wirkung des violetten Theils des Spectrums dritter Ordnung beim Eisenspektrum zu beseitigen, wurde beim Photographieren ein 1 cm. dickes Farbenfilter aus Kaliumbichromatlösung dicht vor dem Spalt eingeschaltet. Bei Aufnahmen durch den Bromdampf hindurch wirkt dieser letztere schon selbst als genügend starkes Farbenfilter für violette Strahlen, doch liess man während des Exponierens des Bromspektrums das bei Eisenlinien benutzte Kaliumbichromatfilter unberührt an seinem Ort, um an der Aufstellung nichts zu verändern. Dadurch wird für das Bromspektrum nur die Expositionszeit verlängert. Es ist dabei zu bemerken, dass specielle Versuche mit verschiedenen Farbenfiltern, wie Lösungen von Erythrosin, Cyanin, Eosin, Chlorophyll, Methylviolett und Fuchsin gezeigt haben, dass das Einschalten solcher Filter von keiner Verschiebung der Spektrallinien begleitet wird, wobei ein grösserer Gehalt des Farbstoffes gleichfalls ohne Einfluss auf die Lage der Linien blieb.

Die Temperaturen und Expositionszeiten waren bei diesen Aufnahmen die folgenden:

Stoff.	Temperatur des Broms.	Temperatur des Gitters.	Expositionszeit.
Fe.	—	15,615 C.	1 Min.
Br.	24° C.	15,605 —	10 —
Br.	523 —	15,614 —	40 —
Fe.	—	15,615 —	1 —

Die Platte № 164 ist auf der Fig. 9 wiedergegeben.

¹⁾ Siehe Tabelle VII.

Fig. 9 (Platte 164).

Die Expositionszeiten wurden ebenfalls so gewählt, dass die Bromspektra gleich intensiv ausfielen.

Diese Aufnahmen beziehen sich nicht auf das ganze bekannte Bromspektrum, sondern nur auf den wichtigsten Theil, welcher im gelben und grünen Theil des Spectrums sich befindet. In dieser Beziehung sind unsere Bestimmungen weniger umfangreich, als diejenigen von Hasselberg¹⁾, aber sie entsprechen einem viel grösseren Temperaturintervall. Bei Hasselberg war nämlich der grösste Temperaturunterschied bei zwei verschiedenen Aufnahmen des Bromspektrums nur 90° C., während bei uns dieser Unterschied bei Absorptionsröhren aus gewöhnlichem Glase schon 499° C. betrug. Ausserdem wurde bei uns die Constanz der Dichte der absorbierenden Bromschicht vollständig gesichert.

Bei der höheren Temperatur ist der Bromdampf weniger durchsichtig, folglich treten im Spektrum bei hoher Temperatur und bei längerer Expositionszeit mehr Linien auf, und ausserdem besitzen sie eine grössere Schärfe. Es wäre jedoch zu befürchten, dass eine längere Expositionszeit eine etwaige Verbreiterung der Linien nach sich ziehen könnte, welche ihren Grund in der photographischen Methode selbst hätte. Dies ist jedoch nicht der Fall, da beide Aufnahmen des Bromspektrums gleich intensiv waren und ausserdem specielle Versuche bei hoher Temperatur uns gezeigt haben, dass auch bei sehr verschiedener Intensität der Absorptionslinien infolge verschiedener Expositionszeiten die Breite der Linien merklich ungeändert bleibt. Man müsste denn recht beträchtlich überexponieren, um messbare Unterschiede in der Breite hervorzurufen.

Die Lage der Bromlinien bei $t = 24°$ C. und $t = 523°$ C. wurde mit Hilfe der nebenbei auf beiden Seiten der photographischen Platte aufgenommenen Eisenlinien und zwar ganz unabhängig von einander bestimmt.

Für die Eisennormalen haben wir die Rowland'schen Zahlen benutzt.

Für diejenigen Linien, welche sehr unscharf herauskamen, haben wir nur die Lage der Mitte der Linie gemessen, in allen übrigen Fällen jedoch, wo es nur möglich war, die Wellenlängen, welche den Rändern der Linien entsprechen, bestimmt. Die einer und derselben Linie oder Bande zugehörigen Zahlen sind in der folgenden Tabelle durch Klammern } bezeichnet. Daraus ergab sich die Möglichkeit, die Breite der Linien bei niedriger und hoher Temperatur abzuleiten.

Alle diese Bestimmungen sind nun in der folgenden Tabelle IX zusammengestellt.²⁾

¹⁾ L. c.

²⁾ Da es uns nicht so sehr darauf ankam, eine vollständige Tabelle für Wellenlängen herzustellen, sondern nur den Charakter der einzelnen Linien unter verschiedenen Bedingungen zu studieren, so sind natürlich viele Linien, die uns weniger charakteristisch und vom Interesse zu sein schienen, bei den Messungen nicht berücksichtigt worden.

In der ersten Colonne sind unter λ_0 die Wellenlängen der Eisenlinien, welche zur Bestimmung der Lage der Bromlinien gedient haben, angegeben.

Die zweite Colonne enthält unter λ_1 die Wellenlängen der Bromlinien bei $t = 24^\circ \text{ C.}$ und die dritte unter λ_2 dieselben Grössen bei $t = 523^\circ \text{ C.}$

Die vierte Colonne enthält gelegentliche Bemerkungen über die Beschaffenheit der Linien.

In der fünften und sechsten Colonne sind unter b'_1 und b'_2 die Breiten der Bromlinien bei 24° C. und 523° C. angegeben.

Die sechste Colonne enthält die Werthe für die Verbreiterung der Linien $\Delta b' = b'_2 - b'_1$ beim Uebergang von der niedrigen zur höheren Temperatur. Das Zeichen $+$ bedeutet eine Verbreiterung und $-$ eine Verschmälerung der entsprechenden Linie.

Da die Werthe von λ_1 und λ_2 ganz unabhängig von einander bestimmt wurden, so lässt sich aus denselben die etwaige Verschiebung der Ränder der Linien nicht mit genügender Genauigkeit ableiten, da aber beide Bromspektren bei $t = 24^\circ$ und $t = 523^\circ \text{ C.}$ in der Mitte der photographischen Platte dicht an einander zu liegen kamen, so liess sich aus Differentialmessungen die Verschiebung der Ränder oder der Mitte einiger der Linien bestimmen. Die entsprechenden Zahlen sind in der Colonne acht unter δ angegeben, wobei das Zeichen $+$ bedeutet, dass die entsprechende Verschiebung beim Uebergang zur hohen Temperatur zur Seite der grösseren Wellenlängen erfolgt ist.

Hat man δ für beide Ränder bestimmt, so giebt die Differenz beider Zahlen die entsprechende Verbreiterung der Linie. Diese Werthe sind in der Colonne neun unter $\Delta b''$ angegeben.

Die letzte Colonne enthält schliesslich die Mittelwerthe Δb aus $\Delta b'$ und $\Delta b''$.

Aus der Uebereinstimmung dieser letzten Zahlen lässt sich ein Aufschluss über die Genauigkeitsgrenze dieser Bestimmungen gewinnen.

Alle Zahlen sind in Ängström'schen Einheiten angegeben.

Tabelle IX.¹⁾

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b'_1	b'_2	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
5709,60	5709,56 } 09,16 }	5709,48 } 09,19 }		0,40	0,29	- 0,11			
	08,56 } 08,28 }	08,51 } 08,33 }	Schmal.	0,28	0,18	- 0,10			
		08,33 } 08,13 }	Begleiter.						
	07,67 } 07,37 }	07,75 } 07,29 }		0,30	0,46	+ 0,16	+ 0,08 - 0,10	+ 0,18	+ 0,17
	06,79 } 06,51 }	06,84 } 06,46 }		0,28	0,38	+ 0,10			
		06,46 } 06,16 }	Begleiter.						
	05,89 } 05,55 }	05,88 } 05,51 }		0,34	0,37	+ 0,03	+ 0,03 + 0,02	+ 0,01	+ 0,02
		05,81 } 05,05 }	Begleiter.						
	05,02 } 04,86 }	05,05 } 04,94 }		0,16	0,11	- 0,05			
		04,57 }							
		04,57 } 04,26 }	Begleiter.						
	04,12 } 03,78 }	04,07 } 03,68 }		0,34	0,39	+ 0,05			
	03,44 } 03,10 }	03,45 } 03,21 }		0,34	0,24	- 0,10			
		02,89 } 02,53 }	Begleiter.						
	02,65 } 02,25 }	02,53 } 02,28 }		0,40	0,25	- 0,15			
	02,01 } 01,55 }	02,04 } 01,57 }		0,46	0,47	+ 0,01	+ 0,12 + 0,07	+ 0,05	+ 0,03
	01,13 } 00,89 }	01,21 } 00,95 }		0,24	0,26	+ 0,02			

1) In dieser Tabelle IX, sowie auf der später folgenden X, ist die Bezeichnung «Begleiter» für Linien hinzugefügt, die schwächer als die Nebenlinie erscheinen, und von derselben durch keine merkliche Emission getrennt sind. «Duplet» gilt für zwei sehr benachbarte Linien von nahe gleicher Intensität und Breite.

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5700,57 00,31	5700,70 00,35		0,26	0,35	+ 0,09			
		5700,19 5699,62							
	5699,39 98,98	99,38 99,03		0,41	0,35	— 0,06			
	98,71 98,38	98,73 98,38		0,33	0,35	+ 0,02	+ 0,02		
	98,15	98,14							
		97,91 97,73		0,45	0,41	— 0,04	+ 0,02		
	97,70								
	97,35 97,06	97,40 97,06		0,29	0,34	+ 0,05			
	96,83 96,56	96,94 96,58		0,27	0,36	+ 0,09			
	96,32 96,04	96,37 96,08		0,28	0,29	+ 0,01			
	95,84 95,52	95,85 95,47		0,32	0,38	+ 0,06			
	95,32 94,90	95,35 94,97		0,42	0,38	— 0,04			
	94,48 94,26	94,67 94,35		0,22	0,32	+ 0,10			
		94,17							
	93,94 93,68	93,95 93,68		0,26	0,27	+ 0,01			
	93,38 93,07	93,41 93,04		0,31	0,37	+ 0,06			
	92,82	92,89 92,69	Begleiter. } Doppelt.	0,39	0,45	+ 0,06			
	92,43	92,69 92,44							
	92,12 91,74	92,26 91,78		0,38	0,48	+ 0,10			
	91,54 91,41	91,61 91,44		0,13	0,17	+ 0,04			
	90,75 90,39	90,80 90,47		0,36	0,33	— 0,03			
		90,31							

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5690,09 89,90	5690,09 89,83		0,19	0,26	+ 0,07			
		89,62 89,12							
		88,92	Schwach.						
		88,76 88,50							
		88,30							
		88,09 87,85							
		87,82 87,52							
		87,15							
		86,89							
		86,76 86,31							
		86,09							
		85,89 85,59							
		85,37							
		85,13 84,89							
		84,73 84,36							
	83,88	83,87							
	83,59	83,58							
	83,27	83,29					+ 0,09		
	82,88	82,90							
		82,63							
	82,42 82,08	82,28	Sehr deutlich.						
		82,11 81,87	Begleiter.						
	81,55	81,56							
	81,32 81,02	81,36 81,01		0,30	0,35	+ 0,05			
		80,87							

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
		5680,64 } 80,40 }							
	5680,16 } 79,51 }	80,13 } 79,53 }	Sehr scharf.	0,65	0,60	- 0,05	- 0,01 0	- 0,01	- 0,03
	79,20 } 78,85 }	79,25 } 78,82 }	Sehr scharf.	0,35	0,43	+ 0,08	+ 0,07 + 0,05	+ 0,02	+ 0,05
		78,60							
	78,28 } 77,73 }	78,38 } 78,58 }	Sehr scharf.	0,55	0,80	+ 0,25	+ 0,18 - 0,11	+ 0,29	+ 0,27
	77,27 } 76,69 }	77,41 } 76,74 }	Sehr scharf.	0,58	0,67	+ 0,09			
	76,37 } 76,10 }	76,42 } 76,06 }		0,27	0,36	+ 0,09			
	75,84 }	76,06 } 75,85 }	Begleiter.						
	75,47 } 75,19 }	75,57 } 75,23 }		0,28	0,34	+ 0,06			
	75,04 } 74,67 }	75,07 } 74,68 }		0,37	0,39	+ 0,02			
	74,38	74,48 } 74,19 }							
	73,90	73,96							
		73,60 } 73,22 }							
	72,78 } 72,53 }	72,61	Zwei Linien (λ_2).						
	71,88 } 71,63 }	72,09 } 71,55 }		0,25	0,54	+ 0,29			
	71,30 } 70,81 }	71,28 } 70,86 }		0,49	0,42	- 0,07	- 0,01		
	70,52 } 70,23 }	70,64 } 70,18 }		0,29	0,46	+ 0,17	+ 0,05		
	69,95 } 69,32 }	69,96 } 69,39 }		0,63	0,57	- 0,06			
	69,20 } 68,91 }	69,18 } 68,88 }		0,29	0,30	+ 0,01			
	68,72 } 68,38 }	68,71 } 68,32 }		0,34	0,39	+ 0,05			
	68,06 } 67,74 }	68,09 } 67,77 }		0,32	0,32	0	+ 0,09 + 0,01	+ 0,08	+ 0,04

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5667,37 } 66,94 }	5667,47 } 66,99 }		0,43	0,48	+ 0,05			
	66,66 } 66,20 }	66,66 } 66,21 }		0,46	0,45	- 0,01			
	65,99 } 65,50 }	66,08 } 65,51 }		0,49	0,57	+ 0,08			
	65,28 } 65,16 }	65,24					+ 0,07		
	64,89 } 64,47 }	64,88 }							
	64,24 } 63,84 }	63,84 }							
	63,53 } 63,26 }	63,56 } 63,32 }		0,27	0,24	- 0,03			
	63,00 } 62,73 }	63,06 } 62,72 }		0,27	0,34	+ 0,07			
	62,54 } 62,38 }	62,57 } 62,37 }		0,16	0,20	+ 0,04			
	62,25 }	62,07 } 61,82 }							
	60,91 }	61,50 } 61,01 }							
		60,78							
	60,42 } 60,12 }	60,51 } 59,97 }		0,30	0,54	+ 0,24			
	59,78 } 59,62 }	59,84 } 59,60 }		0,16	0,24	+ 0,08			
5659,05	58,22 } 57,68 }	58,20 } 57,74 }		0,54	0,46	- 0,08			
	57,48 } 57,20 }	57,53 } 57,25 }		0,28	0,28	0			
	56,92 } 56,72 }	57,02 } 56,80 }		0,20	0,22	+ 0,02			
	56,46 } 56,28 }	56,49 } 56,22 }		0,18	0,27	+ 0,09			
		56,00 } 55,69 }							
	55,43 } 55,15 }	55,42 } 55,02 }	Doppelte Linie.	0,28	0,40	+ 0,12			

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5654,76 } 54,58 }	5654,77 } 54,61 }		0,18	0,16	— 0,02			
	54,30	54,41							
	54,04	54,02							
		53,82							
		53,36							
	53,18 } 52,99 }	53,11							
	52,88 } 52,75 }	52,78							
	52,67 } 52,27 }	52,61 } 52,34 }		0,40	0,27	— 0,13			
	52,03 } 51,67 }	52,04 } 51,76 }		0,36	0,28	— 0,08			
		51,56							
	51,16 }	51,21 } 50,80 }	Sehr deutlich.	0,68	0,72	+ 0,04	+ 0,06	+ 0,05	+ 0,05
	50,48 }	50,73 } 50,49 }					+ 0,01		
		50,32	Schwach.						
		50,02 } 49,68 }	Begleiter.						
	49,63 } 49,43 }	49,68 } 49,50 }	Besteht aus 3 Theilen.	0,20	0,18	— 0,02			
	49,27 } 48,96 }								
	48,72 }	48,75 } 48,43 }							
		48,43 } 48,08 }	Begleiter.						
	47,91 } 47,66 }	47,94 } 47,68 }		0,25	0,26	+ 0,01			
	47,43 } 47,18 }	47,49 } 47,24 }		0,25	0,25	0			
	47,04 } 47,00 }	47,24 } 46,83 }	Begleiter (λ_2).						
	46,51 } 46,15 }	46,53 } 45,95 }	Sehr deutlich und scharf.	0,36	0,58	+ 0,22	+ 0,07 — 0,22	+ 0,29	+ 0,26

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5645,77 } 45,07 }	5645,78 } 45,39 }							
	44,84	44,90							
	44,60 }	44,62							
	44,03 }	44,42 } 44,06 }							
		43,84	Schwach.						
	43,64 } 43,39 }	43,70 } 43,37 }		0,25	0,33	+ 0,08			
	43,16 }	43,11							
	42,97 }								
		42,79							
	42,75 } 42,46 }	42,46							
	42,21 } 41,87 }	42,29 } 41,95 }		0,34	0,34	0			
	41,71 } 41,39 }	41,65 }							
	41,26 } 41,10 }	41,05 }							
	40,91 } 40,71 }	40,90 } 40,40 }	Schwach.	0,20	0,50	+ 0,30			
	40,28 } 39,82 }	40,29 } 39,79 }		0,46	0,50	+ 0,04			
	39,41 } 39,27 }	39,64 } 39,25 }		0,14	0,39	+ 0,25			
	39,00	39,25 } 38,80 }	Schwach. Diese Linie besteht aus drei Theilen.						
		38,80 } 38,45 }							
	38,14 } 37,80 }	38,24 } 37,75 }		0,34	0,49	+ 0,15			
	37,56 } 37,36 }	37,48							
	36,80 } 36,51 }	36,85 } 36,55 }		0,29	0,30	+ 0,01			
	36,16	36,38 } 36,06 }							

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5635,82	5635,86							
	35,54	35,57							
	35,28 } 34,92 }	35,39 } 34,95 }		0,36	0,44	+ 0,08			
		34,74							
	34,46 } 34,10 }	34,44 } 34,13 }		0,36	0,31	— 0,05			
	33,87 } 33,26 }	33,85 } 33,26 }	Doppelt. Deutlich.	0,61	0,59	— 0,02			
	33,07 } 32,56 }	33,09 } 32,65 }	Doppelt.	0,51	0,44	— 0,07			
	32,41 } 32,12 }								
	31,89	31,88							
		31,57							
	31,24	31,29							
		31,25 } 30,91 }	Begleiter.						
	30,73 } 30,35 }	30,76 } 30,07 }	Undeutlich.	0,38	0,69	+ 0,31			
	29,87	29,94							
	29,54	29,63							
	29,29 } 29,10 }	29,41 } 28,93 }	Sehr deutlich.	0,19	0,48	+ 0,29			
	28,53	28,68 } 28,44 }							
	28,19 } 27,88 }	28,21 } 27,94 }		0,31	0,27	— 0,04			
	27,51 } 27,25 }	27,59 } 27,31 }		0,26	0,28	+ 0,02			
	26,92 } 26,73 }	27,02 } 26,83 }		0,19	0,19	0			
		26,60							
	26,38 } 26,25 }	26,28							
		26,02							
	25,72	25,76							

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
		5625,52	Schwach.						
	5625,20	25,35 } 24,77 }							
	24,50 } 24,23 }	24,61 }							
	24,08 } 23,71 }	23,74 }							
	23,52 }	23,58 } 23,41 }							
	22,98 }	23,28 } 23,02 }							
	22,70	22,76							
	22,28	22,53 } 22,28 }							
		22,28 } 22,00 }	Begleiter.						
	22,03 } 21,64 }	21,85 } 21,64 }		0,39	0,21	— 0,18			
	21,36	21,64 } 21,32 }	Begleiter.						
	21,08 } 20,48 }	21,16 } 20,68 }		0,60	,	— 0,12			
	20,08 }	20,47 } 19,82 }							
	19,37 }	19,59 } 19,18 }	Begleiter (λ_2).						
	19,08 } 18,92 }	19,18 } 18,78 }	Diese Linie besteht aus 4 Theilen. Begleiter.						
	18,71 } 18,39 }	18,78 } 18,51 }							
		18,51 } 17,95 }	Begleiter.						
	17,75 } 17,26 }	17,76 } 17,30 }	Sehr deutlich und scharf.	0,49	0,46	— 0,03	+ 0,12 + 0,04	+ 0,08	+ 0,03
		17,15 } 16,69 }	Begleiter.						
	16,50 }	16,69 } 16,39 }	Deutlich.						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
5615,88	5615,46 } 15,04 }	5615,44 } 15,12 }	Deutlich.	0,42	0,32	- 0,10			
	13,44 } 13,21 }	14,73 } 14,55 } 13,75 }	Gruppe schwacher Linien.						
	13,44 } 13,21 }	13,39					+ 0,06		
	12,98	13,06							
	12,64	12,66							
	12,26	12,34							
	11,97	11,98							
		11,72							
	11,43 }	11,43 }							
		11,19 }							
	10,47 }	11,02 }							
		10,60 }							
		10,26							
	09,81 }	09,92 }							
		09,73 }							
		09,62 }							
		09,14 }							
	08,46 }	08,66 }							
		08,36 }							
	08,12 }	08,20 }		0,33	0,40	+ 0,07			
	07,79 }	07,80 }							
	07,43 }	07,57 }							
		06,95 }							
	06,57 }	06,61							
		06,23							
	05,37 }	05,90 }	Doppelt.						
		05,45 }							
	05,14 }	05,15 }	Doppelt.	0,63	0,56	- 0,07	+ 0,04 + 0,07	- 0,03	- 0,05
	04,51 }	04,59 }							
	04,25 }	04,25 }							
	03,72 }	04,02 }							
		03,53 }							

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5603,28 } 02,93 }	5603,36 } 02,96 }	Doppelt.	0,35	0,40	+ 0,05			
		02,71							
	02,51 }	02,49 }		0,39	0,25	- 0,14	- 0,03 + 0,07	- 0,10	- 0,12
	02,12 }	02,24 }							
	01,85 }	01,90 }	Doppelt.	0,44	0,46	+ 0,02			
	01,41 }	01,44 }							
	01,13	01,14							
	00,83 }	00,84 }		0,26	0,32	+ 0,06			
	00,57 }	00,52 }							
	5600,16 } 5599,73 }	5600,09 } 5599,78 }		0,43	0,31	- 0,12			
		99,78 }	Begleiter.						
		99,47 }							
	99,18	99,34 }	Schwach.						
		98,90 }							
	98,56	98,78 }	Scharf.						
		98,39 }							
	98,15 }	98,18 }	Scharf.	0,52	0,42	- 0,10			
	97,63 }	97,76 }							
		97,76 }	Begleiter.						
	97,11 }	96,77 }							
	96,71 }								
	96,48 }	96,56 }	Doppelt.	0,54	0,52	- 0,02			
	95,94 }	96,04 }							
	95,71 }	95,67 }							
	95,40 }		Doppelt.						
	95,15 }								
	94,89 }	95,01 }							
	94,39								
	93,92	93,97							
	93,52	93,56							
	93,19 }								
	93,00 }								
	92,77 }	92,84 }	Sehr scharf.	0,33	0,41	+ 0,08	+ 0,04 - 0,01	+ 0,05	+ 0,07
	92,44 }	92,43 }							
		92,14							

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5591,87 } 90,88 } 90,59 } 90,80 } 89,93 }	5591,94 } 91,46 } 91,25 } 90,91 } 90,65 } 90,36 } 90,00 }	Schwach.						
	89,68 } 89,48 } 89,24 }	89,78 } 89,53 } 89,31 }		0,37	0,36	- 0,01			
		89,05 } 88,75 } 87,94 }	Deutlich.	0,24	0,22	- 0,02			
		87,59 } 87,26 } 86,83 } 86,45 }							
	86,14 } 85,67 }	85,78 } 85,35 }							
	85,05 }	84,87 } 84,52 }							
	84,02 } 83,82 }	84,04 } 83,67 }	Deutlich.						
	83,54 } 83,23 }	83,34 } 83,04 }							
	82,91 } 82,72 }	82,76 } 82,56 }		0,19	0,28	+ 0,09			
	82,27 } 82,04 }	82,37 } 81,15 }	Doppelt und sehr scharf.	0,89	1,00	+ 0,11			
		80,97 } 80,28 }	Schwach.						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5579,64 } 79,30 }	5579,73 } 79,36 }	Scharf.	0,34	0,37	+ 0,03			
		79,14 } 78,92 }							
	78,64 } 78,44 }	78,74 } 78,13 }	Doppelt.						
	77,75 } 76,58 }	77,79 } 76,60 }	Dreifach und sehr scharf.	1,17	1,19	+ 0,02	+ 0,04 - 0,01	+ 0,05	+ 0,04
		76,26 } 76,02 }							
	75,68 } 75,27 }	75,68 } 75,35 }	Doppelt.						
	75,05 } 74,73 }	74,87 } 74,59 }							
		74,11 }	Doppelt.						
	73,67 }	73,71 }							
5573,08	72,97 } 72,58 }	72,85 }							
	72,29 } 72,04 }	72,20 }							
		71,92 }							
	71,50 } 71,30 }	71,55 }	Breit und undeutlich.						
	71,07 }	71,14 }							
	70,82 }	70,91 }							
	70,41 } 69,90 }	70,38 } 69,96 }		0,51	0,42	- 0,09			
	69,72 } 69,46 }	69,79 } 69,40 }	Begleiter.	0,26	0,39	+ 0,13			
	68,26 } 68,94 }								
	68,75 } 68,65 }	68,71 }							
	68,42 } 67,92 }	68,35 } 68,06 }					+ 0,07		

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5567,53 } 67,13 }	5567,60 } 66,95 }		0,40	0,65	+ 0,25			
	66,78 } 66,25 }	66,74 } 66,25 }		0,53	0,49	- 0,04			
	66,03 } 65,75 }	65,86							
	65,55 } 65,28 }	65,50							
	64,93	65,21							
	64,74 } 64,56 }	65,05 } 64,52 }		0,18	0,53	+ 0,35			
		64,52 } 64,00 }	Begleiter.						
	63,93 } 63,32 }	63,81 } 63,22 }	Begleiter.	0,61	0,59	- 0,02			
	63,09 } 62,79 }	63,22 } 62,83 }	Scharf.	0,30	0,39	+ 0,09			
	62,53 } 62,33 }	62,67 }							
	61,98 } 61,62 }	61,62 }							
	61,38 } 61,21 }	61,45 } 61,27 }		0,17	0,18	+ 0,01			
	60,97								
		60,81 }							
	60,39 } 60,22 }	60,13 }	Bei t_1 undeutlich.						
	59,60 } 59,41 }	59,85 } 59,12 }	Bei t_1 undeutlich.						
	58,87 } 58,67 }	58,97 } 58,75 }		0,20	0,22	+ 0,02			
	58,41	58,52							
	58,19 } 57,89 }	58,20 } 57,91 }		0,30	0,29	- 0,01			
	57,55 } 57,23 }	57,69 }					+ 0,10		
	57,00 } 56,73 }	56,83 }		0,82	0,86	+ 0,04		+ 0,05	+ 0,05
	56,51 } 56,22 }	56,56 } 56,35 }					+ 0,05		

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5556,01 } 55,78 }	5556,04 } 55,77 }		0,23	0,27	+ 0,04			
	55,49	55,56							
	55,19 }	55,22 } 54,86 }							
	54,60 }	54,86 } 54,40 }	Begleiter.						
	54,36								
	54,10	54,12							
	53,88 } 53,33 }	53,88 } 53,44 }		0,55	0,44	- 0,11			
	53,15 } 52,90 }	53,18							
	52,73 } 52,43 }	52,67							
	52,21	52,36							
		52,12							
	51,87 } 51,46 }	51,92 } 51,64 }							
	51,19	51,22							
	50,43 } 50,10 }	50,50 } 50,13 }		0,33	0,37	+ 0,04			
	49,80	49,89					+ 0,04		
	48,91	49,52 } 48,65 }	Doppelt.						
		48,41	Schwach.						
	48,15 } 47,90 }	48,20 } 47,99 }	Deutlich.	0,25	0,21	- 0,04			
		47,78	Schwach.						
	47,45	47,59 } 47,02 }							
	47,03								
	46,74 } 46,49 }	46,79 } 46,55 }		0,25	0,24	- 0,01			
	46,31 } 45,62 }	46,34 } 45,97 }		0,69	0,37	- 0,32			

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5545,49 } 45,28 }	5545,81 } 45,32 }		0,21	0,49	+ 0,28			
	44,84 } 44,55 }	44,96 } 44,57 }		0,29	0,39	+ 0,10			
	44,03 } 43,78 }	44,27 } 43,74 }		0,25	0,53	+ 0,28			
	43,35 }	43,36 }					0		
	43,08 } 42,56 }	43,13 } 42,59 }	Scharf.	0,52	0,54	+ 0,02			
	42,36 } 42,13 }	42,43 } 42,11 }	Begleiter.	0,23	0,32	+ 0,09			
	42,13 } 41,50 }	42,16 } 41,79 }		0,63	0,37	- 0,26			
	41,25 } 40,86 }								
	40,59 }	40,69 }							
	40,33 } 39,85 }								
	39,61 } 39,11 }	39,70 } 39,22 }		0,50	0,48	- 0,02	+ 0,05 + 0,04	+ 0,01	- 0,01
	39,00 } 38,57 }	39,03 } 38,60 }		0,43	0,43	0	+ 0,12 + 0,03	+ 0,09	+ 0,05
	38,39 } 37,72 }	38,43 } 38,01 }	Doppelt. Ziemlich schwach.	0,67	0,42	- 0,25			
	37,50 }	38,01 } 37,45 }							
	37,11 } 36,92 } 36,67 }	37,28 } 36,78 }							
	35,96 } 35,30 }	36,78 } 35,28 }	Bei t_2 mehrere Linien.						
	35,07 } 34,86 }	35,02 }							
	34,52 } 34,17 }	34,71 } 34,21 }		0,35	0,50	+ 0,15			
	33,85 }	34,01 } 33,73 }							
	33,09 } 32,60 }	33,49 } 32,68 }	Gruppe.						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5532,16 } 31,66 }	5532,42 } 31,59 }	Doppelt.						
	31,36 }								
	31,05 }	31,10 }							
	30,75 } 30,46 }	30,80 } 30,41 }		0,29	0,39	+ 0,10			
	30,15 } 29,90 }	30,08 }					+ 0,04		
	29,52 } 29,28 }	29,74 } 29,35 }		0,24	0,39	+ 0,15			
	29,11 } 28,75 }	29,13 } 28,81 }		0,36	0,32	- 0,04			
	28,54 } 28,23 }	28,64 } 28,37 }		0,31	0,27	- 0,04			
	27,89 } 27,49 }	28,10 } 27,25 }		0,40	0,85	+ 0,45			
	27,25 }								
	26,77 }	26,84 }							
	26,56 } 26,22 }	26,61 } 26,17 }		0,34	0,44	+ 0,10			
	25,79 }	25,89 }							
		25,62 }							
	25,38 } 24,50 }	25,30 } 25,14 } 24,56 }							
	24,37 } 22,84 }	24,33 } 22,88 }		1,53	1,45	- 0,08	+ 0,02 + 0,02	0	- 0,04
	22,56 }								
	22,18 } 21,96 }	22,24 } 22,00 }	Scharf.	0,22	0,24	+ 0,02			
	21,76 } 21,05 } 20,75 }	21,88 } 20,70 }							
	20,26 }	20,53 } 20,21 }							
	20,00 } 19,75 }	19,99 }	Doppelt.						
	19,75 } 19,26 }	19,33 }							

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5519,00 } 18,56 }	5519,06 }	Doppelt.						
	18,35 } 17,80 }	17,80 }							
	17,47	17,53	Schwach.						
	17,13 } 16,88 }	17,05 }	Deutlich.						
	16,54	16,62							
	16,16	16,21							
	15,81	15,77							
	15,40								
	15,11								
	14,83 } 14,45 }	14,97 } 14,44 }	Deutlich.	0,38	0,53	+ 0,15			
	14,17 } 13,64 }	14,21 } 13,72 }		0,53	0,49	— 0,04			
	13,40 } 12,66 }	13,43 } 12,70 }		0,74	0,73	— 0,01			
	12,44 } 11,98 }	12,45 } 12,02 }	Sehr scharf.	0,46	0,43	— 0,03	0 + 0,01	— 0,01	— 0,02
	11,74 } 11,44 }	11,85 }	Deutlich.						
	11,32 } 10,96 }	10,70 }							
	10,42 } 9,72 }	10,49 } 10,15 }	Doppelt.						
	9,51 } 8,99 }	9,98 } 9,74 }							
	8,83 } 8,32 }	8,85 } 8,33 }		0,52	0,52	0			
	7,98 } 7,75 }	8,05 } 7,80 }		0,51	0,52	+ 0,01			
	7,60			0,23	0,25	+ 0,02			

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
5507,00	5506,87 } 6,16 }	5506,89 } 6,22 }	Sehr scharf.	0,71	0,67	— 0,04			
	5,90 } 5,56 }	5,82 }							
	5,34	5,35							
	5,02 } 4,53 }	4,73 }							
	4,30 } 4,07 }	4,27 }							
	3,61 } 3,38 }	3,53 }							
	3,17								
	2,35 } 1,89 }	2,29 } 1,96 }	Sehr scharf.	0,46	0,33	— 0,13			
	1,44 } 0,88 }	1,55 } 1,02 }	Doppelt.						
	0,61 } 0,21 }	0,65 } 0,22 }		0,40	0,43	+ 0,03			
	5499,86	5499,84	Schwach.						
	99,32	99,47							
	98,80 } 98,34 }	98,88 } 98,08 }		0,46	0,80	+ 0,34			
	97,28 } 97,05 }	97,38 } 97,05 }	Doppelt.	0,23	0,33	+ 0,10			
	97,05 } 96,58 }	96,78 }							
	96,32 } 96,15 }	96,31 }							
	95,99 } 95,73 }	95,93 }							
	95,50 } 95,23 }	95,41 }							
	94,92 } 94,68 }	94,98 } 94,76 }		0,24	0,22	— 0,02			
	94,68 } 94,25 }	94,76 }	Begleiter. Doppelt.						
	94,07 } 93,87 }	93,93 }							

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5493,66 } 93,03 }	5493,73 }	Besteht aus 4 Theilen.	2,45	2,53	+ 0,08	+ 0,09		
	92,88 } 92,74 }							+ 0,03	+ 0,06
	92,52 } 91,98 }								
	91,75 } 91,21 }	91,20 }					+ 0,06		
	90,81 } 90,45 }	90,84 }							
	90,15 } 89,64 }	90,33 }	Doppelt.	0,20	0,33	+ 0,13			
	89,64 } 88,87 }	88,94 }							
	88,64 } 88,64 }	88,64 }							
	88,35 } 88,15 }	88,44 } 88,11 }							
	87,75 } 87,31 }	87,85 } 87,02 }		0,44	0,83	+ 0,39			
	87,01 }								
		86,76 } 86,27 }	Doppelt.						
		86,07 } 85,56 }	Doppelt.						
	85,25 }								
	85,07 } 84,64 }	85,17 }	Doppelt.	0,88	0,87	- 0,01	+ 0,05 - 0,09	+ 0,14	+ 0,07
	84,42 } 84,19 }	84,29 }							
	83,83 } 82,95 }	83,91 } 83,04 }							
	82,56 } 82,29 }	82,71 }							
	82,03 } 81,68 }	81,73 }							
	81,25 }	81,32 }							
	80,90 }	80,91 }							

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
	5480,62 } 79,56 }	5480,68 } 79,61 }	Doppelt.	1,06	1,07	+ 0,01			
	79,29 } 78,57 }	79,44 } 78,59 }	Doppelt.	0,72	0,85	+ 0,13	+ 0,11 + 0,01	+ 0,10	+ 0,12
	78,23 } 77,69 }	78,39 } 77,95 }							
	77,36 } 77,09 }	77,75 } 77,09 }	Bande.						
	77,14 }								
	76,86 }	76,89 }							
	76,56 }								
	76,24 }								
	75,98 } 75,54 }	75,92 }							
	75,08 }	75,12 }							
	74,75 } 74,42 }	74,91 } 74,37 }	Begleiter.						
	74,08 } 73,73 }	74,14 } 73,69 }	Doppelt.						
	73,34 }	73,46 } 73,04 }	Begleiter.						
	72,80 }	73,04 } 72,76 }							
		72,44 }	Schwach.						
	72,08 } 71,53 }	72,08 } 71,54 }		0,55	0,54	- 0,01			
	71,35 } 71,12 }	71,37 } 71,18 }		0,23	0,19	- 0,04			
	70,92 } 70,57 }	70,96 } 70,63 }		0,35	0,33	- 0,02			
	70,37 } 69,23 }	70,44 } 69,61 } 69,33 }							
	69,00 } 68,69 }	69,02 }	Doppelt.						
	68,53 } 67,93 }	67,96 }							

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ	$\Delta b''$	Δb
5455,83	5467,64 67,13	5467,76 66,98	Doppelt.						
	66,42	66,46							
	65,75 65,09 64,65	65,89 64,64	Dreifach.						
	64,43 63,65	64,49 63,73		0,78	0,76	- 0,02			
	63,39 63,02	63,43 63,01		0,37	0,42	+ 0,05			
	62,84 62,18	62,87 62,23		0,66	0,64	- 0,02			
	62,00 61,52	61,84	Doppelt.						
	61,36 61,04	61,07							
	60,84 60,56	60,72							
	60,36 59,99	60,20					+ 0,01		
	59,72 57,79	59,62 59,25 58,24							
	57,23 56,76	57,19 56,78		0,47	0,41	- 0,06			

Wollen wir nun aus dieser Tabelle einige Schlüsse bezüglich einer etwaigen Verbreiterung und Verschiebung der Absorptionslinien des Bromdampfes bei einer Erwärmung desselben um fast 500° C. und bei Beibehaltung derselben Dichte der absorbierenden Schicht ziehen. Diese Aufgabe ist eine ziemlich schwierige, da alle beobachteten Veränderungen im Spektrum für dieses Temperaturintervall im Allgemeinen äusserst klein und gewöhnlich von der Grössenordnung der möglichen Beobachtungsfehler sind. Aber, da die Anzahl solcher Bestimmungen ziemlich beträchtlich ist, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass im Mittel gewisse Gesetzmässigkeiten zum Vorschein kommen werden.

Fangen wir mit der Verbreiterungserscheinung der Absorptionslinien an.

Bei $\Delta b'$ wurde in 95 Fällen eine Verbreiterung und in 60 Fällen eine Verjüngung der Linien beobachtet. In 7 Fällen blieb die Breite der entsprechenden Linie unverändert. Es ergab sich im Mittel:

Verbreiterung der Linien $\Delta b' = + 0,102$ Ä. E.
Verjüngung » » $\Delta b' = - 0,068$ »

Bei $\Delta b''$ ergab sich eine Verbreiterung in 17 Fällen und eine Verjüngung in 4 Fällen; in einem Fall blieb die Breite der Linie unverändert. Es ist im Mittel:

Verbreiterung der Linien $\Delta b'' = + 0,092$ Ä. E.
Verjüngung » » $\Delta b'' = - 0,038$ »

Bei Δb ergab sich eine Verbreiterung in 16 Fällen und eine Verjüngung in 6 Fällen. Es ist im Mittel:

Verbreiterung der Linien $\Delta b = + 0,086$ Ä. E.
Verjüngung » » $\Delta b = - 0,045$ »

Beschränken wir uns aber auf diejenigen Linien, welche in der vorigen Tabelle als «deutlich» oder «scharf» bezeichnet sind, so ergibt sich im Mittel folgendes.

$\Delta b'$
Verbreiterung der Linien $\Delta b' = + 0,101$ 15 Fälle
Verjüngung » » $\Delta b' = - 0,060$ 9 »

$\Delta b''$
Verbreiterung der Linien $\Delta b'' = + 0,119$ 7 Fälle
Verjüngung » » $\Delta b'' = - 0,010$ 2 »

Δb
Verbreiterung der Linien $\Delta b = + 0,110$ 7 Fälle
Verjüngung » » $\Delta b = - 0,025$ 2 »

Man wird wohl berechtigt sein, aus diesen Zahlen den Schluss zu ziehen, dass bei Erhöhung der Temperatur des Bromdampfes Verbreiterungserscheinungen bei einigen Absorptionslinien wirklich zu Stande kommen.

Wenden wir uns jetzt zu den Verschiebungen δ der Linien zu. Dabei wollen wir beide Ränder der Linien besonders betrachten. Die Verschiebung desjenigen Randes, welcher zur Seite der grösseren Wellenlängen liegt, bezeichnen wir durch δ_r und desjenigen zur Seite der kleineren Wellenlängen durch δ_v .

Es ergab sich im Mittel aus allen Bestimmungen

$\delta_r > 0$ in 21 Fällen.	Im Mittel $\delta_r = + 0,075$ Ä. E.
$\delta_r < 0$ » 3 »	» » $\delta_r = - 0,017$ »
$\delta_r = 0$ » 1 Fall.	
$\delta_v > 0$ in 17 Fällen.	Im Mittel $\delta_v = + 0,037$ Ä. E.
$\delta_v < 0$ » 6 »	» » $\delta_v = - 0,090$ »
$\delta_v = 0$ » 1 Fall.	

Ausser diesen Bestimmungen wurde in 7 Fällen die Verschiebung der Mitte der Linien δ_m direct beobachtet. Es ergab sich dabei in keinem Falle eine negative Verschiebung.

Es ist im Mittel

$$\delta_m = + 0,044.$$

Beschränkt man sich wie früher nur auf diejenigen Linien, welche in der vorigen Tabelle als «deutlich» oder «scharf» bezeichnet sind, so ergibt sich folgendes.

$\delta_r > 0$ in 7 Fällen.	Im Mittel $\delta_r = + 0,083$ Ä. E.
$\delta_r < 0$ » 1 Fall.	» » $\delta_r = - 0,010$ »
$\delta_r = 0$ » 1 »	
$\delta_v > 0$ in 4 Fällen	Im Mittel $\delta_v = + 0,028$ Ä. E.
$\delta_v < 0$ » 4 »	» » $\delta_v = - 0,088$ »
$\delta_v = 0$ » 1 Fall.	

Die hier angeführten Zahlen scheinen unzweifelhaft darauf hinzudeuten, dass bei Erwärmung des Bromdampfes die Ränder einiger Absorptionslinien Verschiebungen erfahren.

Auf diese Verschiebungen der Ränder sind eben die beobachteten Veränderungen in der Breite einiger Linien zurückzuführen.

Was nun die Verschiebung der Mitte der Linien anbelangt, so ist diese Verschiebung positiv, aber allerdings sehr klein und kaum grösser, als der noch zulässige Beobachtungsfehler.

Die Entscheidung der Frage nach der etwaigen Verschiebung der Absorptionslinien wird noch durch den Umstand erschwert, dass bei beträchtlicher Erwärmung des Bromdampfes die Temperatur der Luft um den Spalt herum etwas erhöht wird. Nun haben aber specielle früher erwähnte Versuche gezeigt, dass eine solche Erwärmung des Spaltes um 1°C. eine kleine Verschiebung der Spectrallinien um $0,012$ Ä. E. zur Seite der kleineren Wellenlängen hervorruft.

Bei der photographischen Aufnahme der Platte № 164 war die Erwärmung des Spaltes während des Verlaufs des Versuches nicht direct gemessen, aber nach den Daten, welche für die Platten № 106 und 114 angeführt sind, konnte diese Erwärmung wahrscheinlich kaum $1,5^\circ \text{C.}$ übersteigen. Eine solche Erwärmung würde nur eine Verschiebung von $0,018$ Ä. E. hervorrufen. Diese Verschiebung ist jedoch so klein, dass sie bei unseren jetzigen Betrachtungen keine wesentliche Rolle spielen kann.

§ 8.

Zweite Versuchsreihe über das Absorptionsspectrum des Bromdampfes mit Absorptionsgefässen aus Quarzglas.

Es wurde mit diesen Absorptionsgefässen ebenfalls eine sehr grosse Anzahl von Aufnahmen unter den verschiedensten Bedingungen gemacht. Auf diese Weise erhielten wir zum Studium des Absorptionsspektrums des Broms eine Menge verschiedener photographischer Platten, aber wir werden hier nur die wichtigsten von denselben besprechen.

Die verschiedenen Einzelheiten bezüglich dieser Versuche sind im § 5 gegeben.

Wir werden nun durch t' die Temperatur des Reservoirs mit flüssigem Brom bezeichnen, p soll den entsprechenden Druck bedeuten, wobei p nach den Zahlen der Tabelle VI (für höhere Drucke durch graphische Interpolation) bestimmt wurde. p stellt ebenfalls den Dampfdruck des Broms im Absorptionsgefäss dar.

Die Dichte des Bromdampfes δ bezogen auf Luft haben wir für Temperaturen unter 1000°C. nach der Formel (10) berechnet, für höhere Temperaturen aber dieselbe einfach gleich $4,70$ (vergl. Seite 25) gesetzt.

Die Dampfdichte d im Absorptionsgefäss haben wir nach der Formel (9) berechnet.

t bedeutet die Temperatur der absorbierenden Bromschicht.

Es sind bei diesen Versuchen ausser den Expositionszeiten noch die Temperaturen beim Spalt bestimmt worden. Wenn weiter unten für einen und denselben Versuch zwei Zahlen angegeben sind, so bedeutet die erste die Temperatur am Anfang und die zweite die Temperatur am Ende des Versuches.

Die Temperatur beim Gitter wurde nicht mehr notiert, da, wie die früheren Versuche gezeigt haben, die Aenderung derselben so klein war, dass sie bei unseren Versuchen überhaupt keine Bedeutung hatte.

Die folgenden drei Platten № 254, 255 und 256 wurden mit einem sehr dünnen (1,5 cm. Durchmesser) Quarzrohr für hohe Drucke und Temperaturen erhalten.

Platte № 254.

Zwei Aufnahmen bei fast gleichen Drucken und verschiedenen Temperaturen.

	t'	p	t	d	Temperatur beim Spalt.	Expositionszeit.
I.	113,5 C.	4,6 Atm.	300° C.	0,0153	{ 19,6 C. 20,1	30 Min.
II.	114,5	4,7	1253	0,0051	{ 20,1 20,4	10 »

Platte № 255.

Zwei Aufnahmen bei fast gleich hohen Temperaturen und verschiedenen Drucken.

	t'	p	t	d	Temperatur beim Spalt.	Expositionszeit.
I.	114,3 C.	4,7 A.	1235° C.	0,0052	{ 19,7 19,8	10 Min.
II.	89,0	2,6	1230	0,0029	19,3	5 »

Platte № 256.

Zwei Aufnahmen bei verschiedenen Drucken und Temperaturen, aber bei nahe liegenden Dichten.

	t'	p	t	d	Temperatur beim Spalt.	Expositionszeit.
I.	154,6 C.	11,1 A.	1238° C.	0,0122	19,3	15 Min.
II.	103,0	3,6	253	0,0132	19,2	10 »

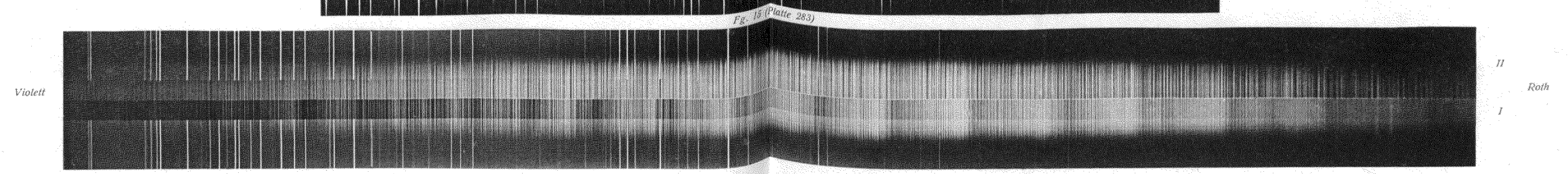
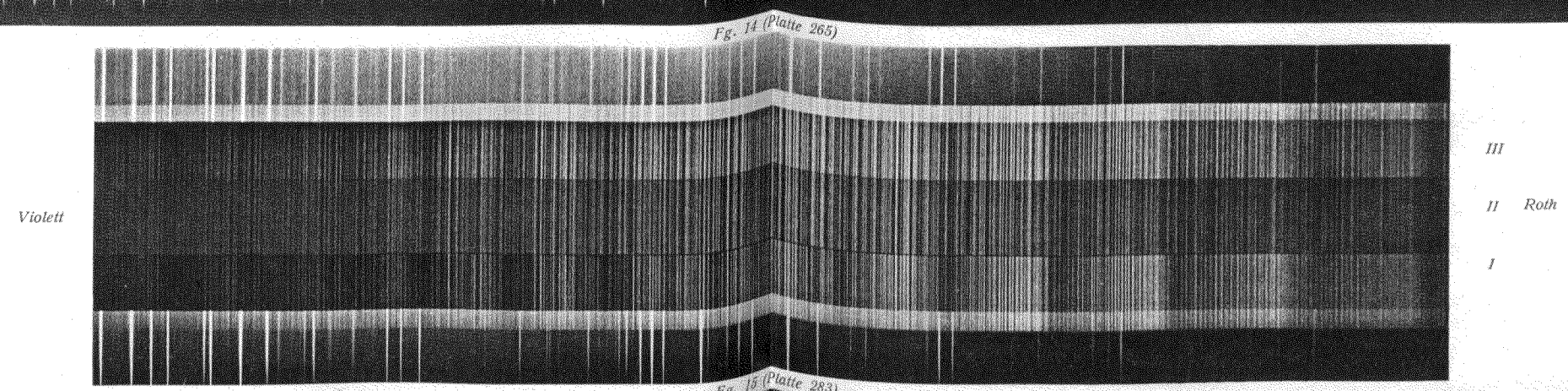
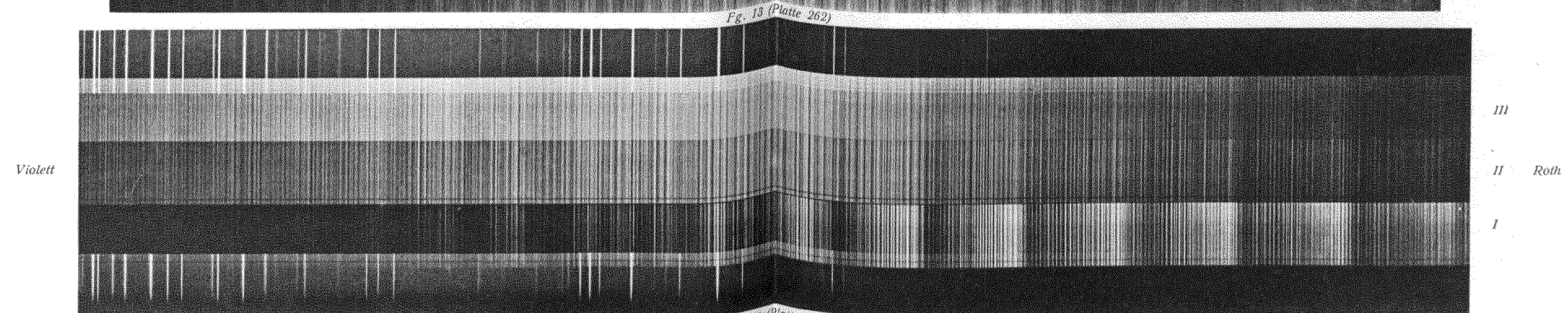
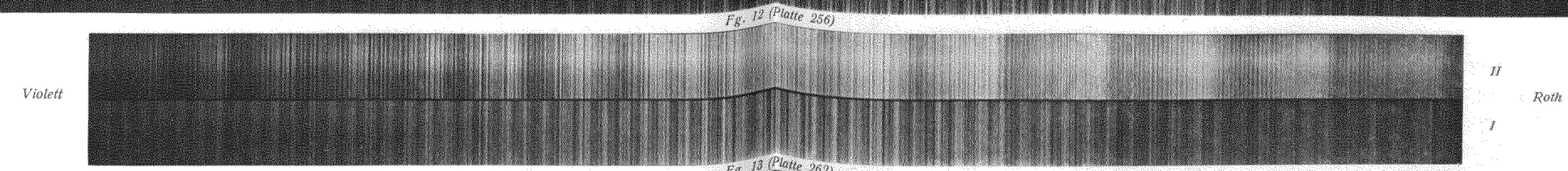
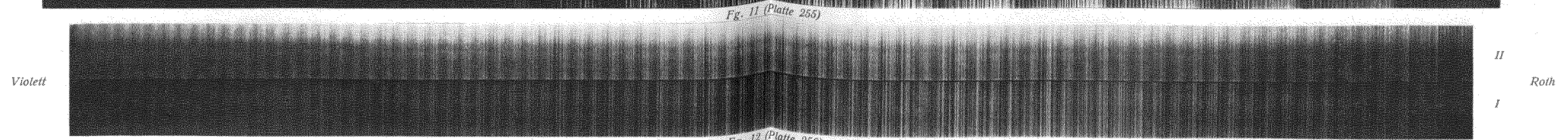
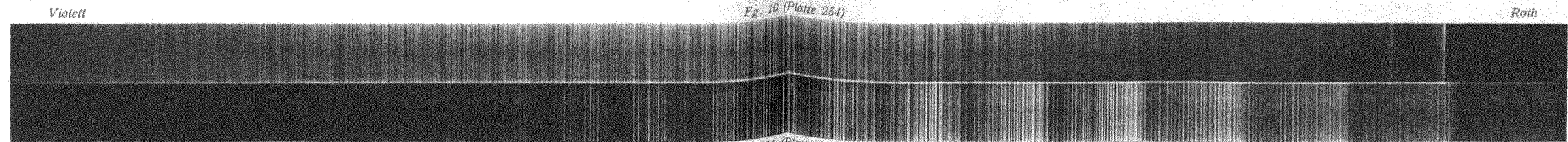
Die Absorptionslinien sind auf diesen drei Platten wegen der dünnen Dampfschicht (1,5 cm. Dicke) sehr unscharf, so dass schwer über die Lage und den Charakter der einzelnen Linien zu urtheilen ist. Interessant dabei ist nur das Aussehen der Spektren.

Die entsprechenden Platten sind auf den Figuren 10, 11 und 12 wiedergegeben.

Fig. 10 (Platte № 254).

Fig. 11 (Platte № 255).

Fig. 12 (Platte № 256).



Die Platte № 254 zeigt ganz deutlich, dass der bandenartige Charakter des Spektrums für sehr hohe Temperaturen verloren geht. Das allgemeine Aussehen des Spektrums wird für hohe Temperaturen ein ganz anderes, nämlich es sieht viel gleichmässiger aus, als dasjenige für niedrige Temperaturen, wobei das Spectrum für hohe Temperaturen sich nach violett auszudehnen scheint.

Die Platte № 256, welche ebenfalls sehr verschiedenen Temperaturen entspricht, zeigt auch dieselbe Verschiedenheit des allgemeinen Aussehens des Spektrums für niedrige und sehr hohe Temperaturen.

Die beiden Aufnahmen auf der Platte № 255 entsprechen derselben sehr hohen Temperatur, aber zwei verschiedenen Drucken. Ein wesentlicher Unterschied zwischen diesen beiden Spektren lässt sich nicht erkennen, aber sie zeigen beide dieselben früher erwähnten Eigenthümlichkeiten des Bromspektrums bei sehr hohen Temperaturen, nämlich das Spectrum ist ein viel gleichmässigeres und, wenn noch Banden sich erkennen lassen, so ist ihre Anzahl schon eine viel grössere, und sie liegen viel näher an einander. Das Spectrum erhält einen cannelierten Charakter.

Aus diesen Versuchen lässt sich folgern, dass für das Aussehen des Bromspectrums weder der Druck, noch die Dichte des Broms maassgebend sind, wenigstens zwischen den bei uns vorgekommenen Grenzen, sondern hauptsächlich die Temperatur der absorbierenden Bromschicht.

Die folgenden zwei Platten №№ 262 und 265 (siehe die Figuren 13 und 14) sind mit einem dickeren Quarzrohr (4 cm. Durchmesser) für höhere Drucke und Temperaturen erhalten worden. Zu Vergleichszwecken ist auf diesen Platten neben dem Absorptionsspektrum des Broms noch das Eisenspektrum photographiert worden.

Platte № 262.

Drei Aufnahmen. Zwei von denselben entsprechen gleichen Drucken und verschiedenen Temperaturen während die dritte Aufnahme für hohe Temperatur bei einem kleineren Druck gemacht wurde.

	<i>t'</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>d</i>	Temperatur beim Spalt.	Expositionszeit.
I.	88,0 C.	2,5 A.	255° C.	0,0092	{ 20,7 21,1	60 Min.
II.	88,0	2,5	1243	0,0027	{ 20,9 21,5	60 »
III.	58,5	1,0	1243	0,0011	{ 20,9 21,2	15 »

Platte № 265.

Zwei Aufnahmen für fast gleiche Dichten und drei verschiedene Temperaturen.

	t'	p	t	d	Temperatur beim Spalt.	Expositionszeit.
I.	53,0 C.	0,9 A.	250° C.	0,0033	{ 18,3 C. 18,9	8 Min.
II.	88,5	2,5	1258	0,0027	{ 19,3 20,0	50 »
III.	73,8	1,7	755	0,0027	{ 18,7 19,5	30 »

Fig. 13 (Platte № 262).

Fig. 14 (Platte № 265).

Die Platte № 262, unter dem Mikroskop betrachtet, zeigt keine wesentlichen Unterschiede zwischen denjenigen beiden Spektren, welche derselben hohen Temperatur 1243° C. aber verschiedenen Drucken, nämlich 1 und 2,5 Atmosphären entsprechen. Diese Spektren sehen ganz ähnlich aus, aber sie weisen beide die früher erwähnten Eigenthümlichkeiten des Bromspektrums bei sehr hohen Temperaturen auf, sie sehen nämlich sehr gleichmässig aus, während auf demjenigen Spektrum auf derselben Platte, welches der niedrigeren Temperatur von 255° C. entspricht, der bandenartige Charakter desselben sehr stark vertreten ist.

Vergleicht man weiter diejenigen beiden Spektren, welche demselben Drucke von 2,5 Atm., aber zwei verschiedenen Temperaturen, nämlich 255° und 1243° C., entsprechen, so sieht man ganz deutlich unter dem Mikroskop, dass der Charakter einiger Linien ganz verschieden ist.

Einige Linien, welche bei 255° vertreten sind, scheinen schon bei 1243° zu fehlen, oder sehen wenigstens sehr verschwommen aus. Für einige Linien ist ganz deutlich eine Verbreiterung derselben bei hoher Temperatur zu erkennen.

Ausserdem scheint das Spektrum für hohe Temperatur sich nach Violett auszudehnen.

Die Platte № 265 enthält drei Aufnahmen bei den Temperaturen 250°, 755° und 1258° C. Auf derselben sieht man sehr deutlich, wie der allgemeine Charakter des Absorptionsspektrums des Broms sich mit steigender Temperatur ändert. Bei 755° sind die Banden und Helligkeitsunterschiede noch sehr deutlich zu erkennen, aber bei 1258° C. geht der bandenartige Charakter des Spektrums schon verloren und dasselbe erhält ein gleichmässiges Aussehen.

Die früher erwähnten Aenderungen im Charakter und Aussehen einiger Linien bei hoher Temperatur lassen sich auch auf dieser Platte constatieren.

Die nächstfolgenden drei Platten № 266, 268 und 269 sind mit einem meterlangen Quarzrohr für sehr niedrige Drucke erhalten worden. Die Aufstellung des Rohres ersieht man aus der Fig. 5, wo die Abtheilung AB ein Meter lang war und das Reservoir E in eine Kältemischung oder in schmelzendes Eis tauchte.

In allen diesen drei Fällen war die Dichte des Broms sehr gering, aber die nöthige Schärfe der Absorptionslinien wurde durch die grössere Länge der absorbierenden Bromschicht erzielt.

Diese Aufnahmen sind hier nicht wiedergegeben.

Platte № 266.

Zwei Aufnahmen bei sehr verschiedenen Temperaturen, aber bei fast gleichen Dichten.

t'	p	t	d	Temperatur beim Spalt.	Expositionszeit.
—21,0 C.	14 $\frac{m}{m}$	18° C.	0,00013	18,2 C.	40 Min.
0	66	1090	0,00011	{ 19,1 20,1	75 »

Platte № 268.

Zwei Aufnahmen bei verschiedenen, aber kleinen Drucken und bei derselben hohen Temperatur.

t'	p	t	d	Temperatur beim Spalt.	Expositionszeit.
0° C.	66 $\frac{m}{m}$	1060° C.	0,00011	{ 19,5 C. 20,7	70 Min.
—21,5	13	1060	0,00002	20,2	8 »

Platte № 269.

Zwei Aufnahmen bei gleichen sehr kleinen Drucken, aber sehr verschiedenen Temperaturen.

t'	p	t	d	Temperatur beim Spalt.	Expositionszeit.
—21,3 C.	13 $\frac{m}{m}$	17° C.	0,00012	17,3 C.	12 Min.
—21,3	13	1060	0,00002	17,7	8 »

Die beiden Spektren auf der Platte № 268, welche einer und derselben hohen Temperatur, aber verschiedenen Drucken entsprechen, zeigen keinen wesentlichen Unterschied unter einander, folglich hat eine Aenderung des Druckes des Bromdampfes, wenigstens zwischen den bei uns vorgekommenen Grenzen, fast keinen Einfluss auf das Aussehen der Spektren.

Besonders interessant sind die Spektren auf den Platten №№ 266 und 269, welche sehr verschiedenen Temperaturen entsprechen. Auf der ersten dieser Platten sind die Linien sehr scharf. Bei einer sehr hohen Temperatur ist das allgemeine Aussehen des Bromspektrums ein ganz anderes, als bei Zimmertemperatur.

Die Absorptionslinien weisen sehr eigenthümliche Veränderungen auf. Einige Linien zeigen bei hoher Temperatur eine sehr ausgeprägte Verbreiterung, andere dagegen eine Verjüngung, die zuweilen recht beträchtlich ist.

Einige Linien, welche bei niedriger Temperatur sehr scharf und deutlich erscheinen, sind bei hoher Temperatur sehr undeutlich und verschwommen und umgekehrt.

Verbreiterungen der Linien sind zuweilen von einer Verdoppelung derselben begleitet. Einige Linien scheinen auch verschoben zu sein. Für hohe Temperaturen geht der bandenartige Charakter des Spektrums verloren, wobei dasselbe sich nach Violett ausdehnt.

Platte № 273.

Sie enthält zwei Aufnahmen für fast gleich hohe Temperaturen, aber sehr verschiedenen Drucken.

t'	p	t	d	Temperatur beim Spalt.	Expositionszeit.
90° 8 C.	2,7 Atm.	1085° C.	0,00329	18,1 C.	25 Min.
—21,5	13 $\frac{m}{m}$	1080	0,00002	18,3	8 »

Das erste dieser Spektren (für $p = 2,7$ Atm.) ist mit dem dickeren Quarzrohr (4 cm. Schichtdicke) für höhere Drücke und das zweite (für $p = 13 \frac{m}{m}$) mit dem meterlangen Absorptionsrohr erhalten worden. Die Dicken der absorbierenden Schicht sind daher auch sehr verschieden und verhalten sich, wie 1 zu 25.

Obgleich in diesem Fall der Druck sich um das 158 fache geändert hat, sind fast keine Veränderungen im Spektrum eingetreten; nur sind die feineren Details beim höheren Druck nicht zu entziffern, ein Umstand, welcher vielleicht der geringen Schichtdicke zuzuschreiben ist. Ganze Gruppen von sehr feinen Linien erscheinen verschwunden.

Platte № 278.

Wiederholung der Platte № 266. Die Eisenlinien sind dabei auch photographiert worden.

t'	p	t	d	Temperatur beim Spalt.	Expositionszeit.
—21,3 C.	13 $\frac{m}{m}$	18° C.	0,00012	18,1 C. 18,2	30 Min.
0	66	1060	0,00011	18,8 20,4	120 »

Die früher erwähnten Eigenthümlichkeiten der Spektren unter diesen Verhältnissen kommen auch auf dieser Platte zum Vorschein.

Alle diese und eine ganze Anzahl anderer mit Absorptionsgefäßen aus Quarzglas ausgeführten Versuche haben nur eine qualitative Bedeutung. Erst die folgende zu besprechende Platte № 283 wurde genau ausgemessen. Die Resultate dieser Ausmessung, wie überhaupt die Beschreibung der Eigenthümlichkeiten der Spektren bei niedriger und sehr hoher Temperatur sind im folgenden § 9 angegeben.

§ 9.

Das Absorptionsspektrum des Bromdampfes bei 19° C. und 1300° C.

Die Aufnahmen des Bromspektrums bei 19° und 1300° C. wurden mit einem 20 cm. langen Quarzrohr erhalten.

Zum Zweck der Ausmessung der Bromlinien wurde auf beiden Seiten der Bromspektren noch das Eisenspektrum mitphotographiert, zu welchem Zweck bei allen Aufnahmen das früher erwähnte Farbenfilter von 1 cm. Dicke aus Kaliumbichromatlösung vor dem Spalt stand, um das violette Ende des Spektrums dritter Ordnung bei den Eisenlinien auszu-schliessen.

Die entsprechende Platte № 283 ist auf der Figur 15 wiedergegeben.

Fig. 14 (Platte № 283).

Die entsprechenden Data waren die folgenden:

	t'	p	t	d	Temperatur beim Spalt.	Expositionszeit.
I.	0° C.	66 $\frac{m}{m}$	19° C.	0,00061	19,2 C.	10 Min.
II.	36,5	345	1300	0,00048	19,4 20,2	60 »

Diese beiden Aufnahmen beziehen sich ebenfalls nur auf den wichtigsten Theil des Bromspektrums. Sie entsprechen ziemlich nahe liegenden Dichten der absorbierenden Bromschicht, aber sehr verschiedenen Temperaturen. In diesem Fall betrug der Temperaturunterschied schon 1281° C.

Bezüglich verschiedener Einzelheiten dieser Bestimmungen sei auf den § 7 hingewiesen.

Die Lage der Bromlinien bei der niedrigen und hohen Temperatur wurde mit Hilfe der Eisenlinien auf einer und derselben Seite der photographischen Platte bestimmt. Aus diesen Daten lässt sich auch die etwaige Verschiebung der Linien sofort ermitteln.

Die Resultate dieser Ausmessungen sind in der folgenden Tabelle X zusammengestellt, wobei die Grenzen des Bromspektrums etwas andere sind als in der Tabelle IX.

In der ersten Colonne sind unter λ_0 die Wellenlängen der Eisenlinien, welche zur Bestimmung der Lage der Bromlinien gedient haben, angegeben.

Die zweite Colonne enthält unter λ_1 die Wellenlängen der Bromlinien bei $t = t_1 = 19^\circ \text{C.}$ und die dritte unter λ_2 dieselben Grössen bei $t = t_2 = 1300^\circ \text{C.}$

Dabei ist zu bemerken, dass die so geklammerten Zahlen $\}$ sich auf die Ränder der Linien beziehen, während die übrigen Zahlen die Mitte der Linien direct angeben.

Die vierte Colonne enthält gelegentliche Bemerkungen über die Beschaffenheit der Linien.

In der fünften und sechsten Colonne sind unter b'_1 und b'_2 die Breiten der Bromlinien bei $t = 19^\circ \text{C.}$ und $t = 1300^\circ \text{C.}$ aufgeführt.

Die siebente Colonne enthält die Werthe für die Verbreiterung der Linien $\Delta b' = b'_2 - b'_1$ beim Uebergang von der niedrigen zur höheren Temperatur.

In der achten Colonne ist unter δ' die Verschiebung der Ränder oder der Mitte der entsprechenden Linie angegeben, wobei, wenn δ' positiv ist, eine Verschiebung zum rothen Ende des Spektrums vorliegt.

Ausser diesen Bestimmungen wurden einige der wichtigsten Bromlinien nochmals ganz unabhängig von den früheren ausgemessen. Diese Ausmessungen beziehen sich nicht auf die Lage der Linien, sondern nur auf die Breite und etwaige Verschiebung derselben und dienen zur Controlle der früheren Angaben. Die Resultate dieser neuen Ausmessungen, nämlich die Breite der Linien bei 19° und 1300°C. , die Verbreiterung derselben beim Uebergang zur höheren Temperatur und die Verschiebung der Ränder oder der Mitte der Linien sind in den Columnen 9, 10, 11 und 12 unter b''_1 , b''_2 , $\Delta b'' = b''_2 - b''_1$ und δ'' wiedergegeben.

In der Colonne 13 sind die Mittelwerthe Δb aus $\Delta b'$ und $\Delta b''$ und in der Colonne 14 die Mittelwerthe δ aus δ' und δ'' hinzugefügt.

Alle Zahlen sind in Ängström'schen Einheiten ausgedrückt.

Tabelle X.¹⁾

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b'_1	b'_2	$\Delta b'$	δ'	b''_1	b''_2	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
5763,22	5763,25 } 62,84 }	5763,17 } 62,85 }		0,41	0,32	-0,09	$\begin{cases} -0,08 \\ +0,01 \end{cases}$	0,32	0,30	-0,02	$\begin{cases} -0,07 \\ -0,05 \end{cases}$	-0,06	$\begin{cases} -0,08 \\ -0,02 \end{cases}$
	62,66	62,63					-0,03						
	62,21	62,20	Bei t_2 ist die Linie breiter.				-0,01						
	61,88		Bei t_2 ist hier sehr starke Emission.										
	61,66	61,65					-0,01						
	61,40 } 61,10 }	61,26 } 61,10 }	Bei t_2 verbreitet sich die Linie eigentlich bis $\lambda_2 = 5760,99$.	0,30	0,16	-0,14	$\begin{cases} -0,14 \\ 0 \end{cases}$						
	60,78	60,75	Bei t_2 schwächer.				-0,03						
	60,35	60,34	Bei t_2 deutlicher.				-0,01						
	59,96 } 59,75 }	59,96 } 59,67 }	Bei t_2 dehnt sich die Linie nach Roth aus.	0,21	0,29	+0,08	$\begin{cases} 0 \\ -0,08 \end{cases}$	0,18	0,32	+0,14	$\begin{cases} +0,05 \\ -0,09 \end{cases}$	+0,11	$\begin{cases} +0,03 \\ -0,08 \end{cases}$
	59,39 } 58,72 }	59,40 } 58,66 }	Bei t_1 schwache Bande, deren rother Rand sehr undeutlich ist. Bei t_2 eine schwache und eine sehr scharfe breite Linie mit Begleiter.	0,67	0,74	+0,07	$\begin{cases} +0,01 \\ -0,06 \end{cases}$						
	58,48	58,43					-0,05						
	58,26 } 57,93 }	58,14 } 57,96 }	Bei t_1 wie doppelt.	0,33	0,18	-0,15	$\begin{cases} -0,12 \\ +0,03 \end{cases}$						
	57,68	57,68					0						
	57,31	57,28	Breit.				-0,03						
	56,95	56,92					-0,03						
	56,61	56,59	Bei t_2 starke Emission auf beiden Seiten.				-0,02						
	56,26	56,19	Bei t_1 nach Violett, bei t_2 nach Roth starke Emission.				-0,07						
	55,99 } 55,25 }	55,97 } 55,25 }	Besteht in beiden Fällen aus zwei breiten Linien. Bei t_2 nach Violett sehr starke Emissionslinie.	0,74	0,72	-0,02	$\begin{cases} -0,02 \\ 0 \end{cases}$	0,73	0,70	-0,03	$\begin{cases} -0,01 \\ +0,02 \end{cases}$	-0,03	$\begin{cases} -0,02 \\ +0,01 \end{cases}$
	55,08 } 54,48 }	55,05 } 54,55 }	Bei t_2 nach beiden Seiten sehr starke Emission.	0,60	0,50	-0,10	$\begin{cases} -0,03 \\ +0,07 \end{cases}$	0,63	0,52	-0,11	$\begin{cases} -0,05 \\ +0,06 \end{cases}$	-0,11	$\begin{cases} -0,04 \\ +0,07 \end{cases}$
	54,17	54,13					-0,04						
	53,83	53,75	Bei t_2 der violette Rand unscharf.				-0,08						
	53,40	53,29					-0,11						

1) Die eckigen Klammern] in dieser Tabelle beziehen sich auf zwei oder mehrere Linien.

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
		5753,00											
5752,53	52,53		Ränder unscharf. Bei t_1 bedeutende Verbreiterung nach Roth. Sehr breit.				0						
51,80	51,81						+0,01						
51,49 } 51,17 }	51,49 } 51,13 }		Bei t_2 rother Rand unscharf.	0,32	0,36	+0,04	$\begin{cases} 0 \\ -0,04 \end{cases}$						
	50,91												
50,68	50,68						0						
50,51 }	50,47												
50,10 }	50,35 } 49,92 }		Bei t_2 doppelt.										
49,66	49,63						-0,03						
49,35	49,35		Triplet.				0						
49,09	49,08						-0,01						
48,85 }	48,85 } 48,67 }						0						
	48,56 }		Bei t_1 nur eine breite Linie. Bei t_2 doppelte Linie.	0,53	0,54	+0,01	$\begin{cases} 0 \\ -0,01 \end{cases}$						
48,32 }	48,31 }												
47,58 }	47,51 }						-0,07						
47,38 }	47,38 }			0,20	0,13	-0,07	0						
47,14	47,13		Bei t_2 Verbreiterung zum Violett, wo bei t_1 die Linie $\lambda_1 = 5746,87$ auftritt.				-0,01						
46,87													
46,63	46,63						0						
46,39	46,38		Duplet.				-0,01						
46,16 }			Bei t_1 schwach und breit. Bei t_2 in der Mitte stark mit undeutl. Rändern.				+0,01						
45,60 }	45,92 } 45,61 }												
45,47 }	45,45 }						-0,02						
45,09 }	45,16 }			0,38	0,29	-0,09	+0,07						
	44,97		Fehlt bei t_1 . Emission.										
44,78	44,72						-0,06						
44,51 }	44,51 }		Sehr stark.	0,30	0,24	-0,06	$\begin{cases} 0 \\ +0,06 \end{cases}$						
44,21 }	44,27 }												
	43,95		Bei t_1 fließen beide Linien zusammen, wobei auf der rothen Seite Verbreiterung.										
	43,66												
43,38	43,35						-0,03						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
5743,13	5743,08		Schwacher Begleiter.				-0,05						
42,73	42,73						0						
42,50 } 42,32 }	42,53 } 42,21 }		Bei t_1 nach Violett breite, bei t_2 schmale Emission.	0,18	0,32	+0,14	$\begin{cases} +0,03 \\ -0,11 \end{cases}$						
41,50	41,53						+0,03						
41,24	41,25						+0,01						
40,97	41,01						+0,04						
40,68	40,66						-0,02						
40,37	40,35		Bei t_1 schwach, bei t_2 stark.				-0,02						
	40,09 } 39,81 }		Schwacher Begleiter (bei t_2).										
39,78			Bei t_1 nur eine breite Linie mit Verbreiterung nach Roth.										
	39,81 } 39,57 }												
39,40 } 38,23 }	39,45 } 39,12 }			0,17	0,33	+0,16	$\begin{cases} +0,05 \\ -0,11 \end{cases}$						
38,97 } 38,76 }	38,96 } 38,81 }		Bei t_1 bedeutend schwächer.	0,21	0,15	-0,06	$\begin{cases} -0,01 \\ +0,05 \end{cases}$						
38,84	38,87						+0,03						
38,51	38,56		Bei t_2 breit und undeutlich.				+0,05						
38,02	38,01		Bei t_1 Verbreiterung nach beiden Seiten. Bei t_2 viol. Rand scharf; beim rothen Rand ein schwacher Begleiter.				-0,01						
37,47	37,50		Bei t_1 sehr schwach.				+0,03						
37,19	37,19						0						
36,75	36,81		Bei t_2 breiter nach Roth zu.				+0,06						
36,46	36,48						+0,02						
36,06			Bei t_2 lassen sich hier keine Linien erkennen.										
35,83													
35,62	35,62						0						
35,34	35,36						+0,02						
34,98	35,06		Bei t_2 Begleiter auf der viol. Seite. Bei t_1 vielleicht doppelt.				+0,08						
34,62	34,62		Sehr scharf.				0						
34,21	34,17		Bei t_1 breiter.				-0,04						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5734,03	5733,93	Bei t_1 eine breite Bande. Bei t_2 drei Linien.										
	33,33	33,68											
		33,46 33,22											
	33,05		Bei t_1 eine schwache Linie. Bei t_2 fehlt.										
	32,76	32,76	Bei t_1 Duplet. Bei t_2 die erste Linie (5732,76) hat einen verbreiterten Begleiter auf der rothen Seite.				0						
	32,52	32,54					+0,02						
	32,16	32,25	Bei t_2 breiter gegen Roth.				+0,09						
		31,93 31,63	Bei t_1 die Linie in allen Theilen gleich intensiv. Bei t_2 erste Linie schwach, zweite stark.										
	31,64	31,63											
		31,49											
	31,39												
	31,19	31,22	Eng. Bei t_2 breiter.				+0,03						
	31,00 30,81	31,00 30,48	Bei t_1 ausserhalb des violetten Randes schwache Abstufung. Bei t_2 starke Verbreiterung gegen Violett.	0,19	0,52	+0,33	$\begin{cases} 0 \\ -0,33 \end{cases}$	0,28	0,45	+0,17	$\begin{cases} -0,07 \\ -0,24 \end{cases}$	+0,25	$\begin{cases} -0,04 \\ -0,29 \end{cases}$
	30,23	30,20	Sehr scharf.				-0,03						
	29,75 29,34	29,82 29,30	Bei t_1 starke Linie mit Verbreiterung nach beiden Seiten. Bei t_2 gleichmäss. breite Linie mit scharfen Rändern.	0,41	0,52	+0,11	$\begin{cases} +0,07 \\ -0,04 \end{cases}$						
	29,08	29,03	Scharf.				-0,05						
	28,78	28,74					-0,04						
	28,44	28,44	Bei t_2 Triplet mit breit. stark. Emission nach Violett (gleich auf $\lambda_2=5727,96$).				0						
	28,08	28,22	Bei t_1 breit.				+0,14						
	27,75	27,96	Bei t_1 sehr eng und nach Violett eine sehr schmale scharfe Emissionslinie.				+0,21						
	27,56 26,90	27,29 26,97	Bei t_1 scheint sie aus 3, bei t_2 aus 2 Linien zu bestehen.	0,66	0,32	-0,34	$\begin{cases} -0,27 \\ +0,07 \end{cases}$	0,70	0,58	-0,12	$\begin{cases} -0,13 \\ -0,01 \end{cases}$	-0,23	$\begin{cases} -0,20 \\ +0,03 \end{cases}$
	26,62	26,68					+0,01						
	26,19 25,97	26,33 26,08	Bei t_2 rother Rand undeutlich.	0,22	0,25	+0,03	$\begin{cases} +0,14 \\ +0,11 \end{cases}$						
	25,78 25,35	25,84 25,51		0,43	0,33	-0,10	$\begin{cases} +0,06 \\ +0,16 \end{cases}$						
	25,18	25,27	Bei t_1 die drei Linien bilden ein Triplet.				+0,09						
	24,90	24,92	Bei t_2 Ränder undeutlich.				+0,02						
	24,65	24,65	Zwischen diesen Linien bei t_2 eine sehr starke und scharfe Emission.				0						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5724,38	5724,38					0						
	24,06	24,06					0						
	23,72	23,72					0						
	23,40	23,38					-0,02						
	23,12	23,12					0						
	22,46 21,86	22,41 21,82		0,60	0,59	-0,01	$\begin{cases} -0,05 \\ -0,04 \end{cases}$	0,61	0,66	+0,05	$\begin{cases} -0,08 \\ -0,13 \end{cases}$	+0,02	$\begin{cases} -0,07 \\ -0,09 \end{cases}$
	21,55	21,50	Breit; bei t_1 schwach.				-0,05						
	21,22	21,11	Bei t_1 Triplet. Bei t_2 nur eine breite Linie.										
	21,00												
	20,76	20,68											
	20,33	20,33	Breit.				0						
	19,83	19,85					+0,02						
		19,59	Sehr schwach.										
	19,44 19,09	19,34 19,07	Bei t_1 schwach; bei t_2 deutlich.	0,35	0,27	-0,08	$\begin{cases} -0,10 \\ -0,02 \end{cases}$						
	18,62	18,62					0						
	18,12	18,16	Bei t_2 sehr stark und nach Violett starke Emission.				+0,04						
	17,64	17,65					+0,01						
	17,35	17,36					+0,01						
	16,99	16,99	Vielleicht doppelt.				0						
	16,67	16,67	Duplet.				0						
	16,43	16,44					+0,01						
	15,99	16,10	Bei t_2 breit und undeutlich.				+0,11						
	15,61	15,60					-0,01						
	15,25	15,26					+0,01						
	14,88	14,88	Bei t_2 Duplet.										
	14,64	14,60											
	14,27	14,32											
		14,05											
	13,70 13,47	13,81 13,55		0,23	0,26	+0,03	$\begin{cases} +0,11 \\ +0,08 \end{cases}$						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
5703,60	5713,25	5713,21	Bei t_2 deutlicher; bei t_1 fast unmöglich festzustellen.				-0,04						
	12,87	12,87					0						
	12,42 } 11,90 }	12,64 } 11,90 }		0,52	0,74	+0,22	{ +0,22 0						
	11,60 }	11,63	Breit und schwach.										
	11,07 }	11,32 }	Bei t_1 breit und undeutlich.										
		11,10 }	Bei t_2 sehr scharf und eng.				+0,03						
		10,89	Schwach.										
	10,44 }	10,67 }	Bei t_1 schwacher Begleiter am rothen Rand. Bei t_2 ebenfalls, aber schärfer.										
	10,07 }	10,39 }											
		10,06 }					-0,01						
	9,85 }	9,82 }	Begleiter.	0,40	0,40	0	-0,03						
	9,45 }	9,42 }					-0,03						
	9,45 }	9,42 }		0,24	0,22	-0,02	-0,03						
	9,21 }	9,20 }					-0,01						
	8,83	8,84	Schwach.				+0,01						
	8,44	8,43	Stark.				-0,01						
	8,17	8,15	Sehr schwacher Begleiter.				-0,02						
	7,65 }	7,70 }	Begleiter der vorigen Linie bei t_1 .	0,26	0,35	+0,09	{ +0,05 -0,04						
	7,39 }	7,35 }											
	7,39 }	7,01 }											
	6,63	6,60	Sehr breit und unscharf. Bei t_2 breiter.				-0,03						
	6,19	6,17					-0,02						
	5,72	5,72	Breit.				0						
	5,23	5,18	Bei t_1 selbstständige Linie, bei t_2 Begleiter der folgenden.				-0,05						
	4,81	4,93	Bei t_1 breiter.				+0,12						
	4,31	4,63 }	Bei t_1 eng und schwach.										
		4,21 }											
		4,03											
	4,10 }	3,86 }											
	3,72 }	3,56 }											

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5703,58		Sehr eng und schwer bemerkbar.										
	3,25	5703,80	Bei t_1 breit und unscharf.				+0,05						
	2,44	2,41	Mit breitem Begleiter am rothen Rand.				-0,03						
	1,74	1,79	Breit.				+0,05						
	1,00	1,10					+0,10						
	0,43	0,49	Bei t_2 gleichmässige Verbreiterung nach Roth.				+0,06						
	0,08												
		5699,85	Bei t_2 nur eine breite Linie.										
	5699,66												
	99,22	99,22					0						
	98,74 }	98,60 }	Bei t_2 Begleiter der vorigen Linie.	0,39	0,28	-0,11	{ -0,14 -0,03	0,37	0,23	-0,14	{ -0,14 0	-0,13	{ -0,14 -0,01
	98,35 }	98,32 }											
	98,09	98,32 }											
		98,05 }											
	97,84	97,82					-0,02						
	97,22	97,20					-0,02						
	96,68	96,73	Bei t_2 breit.				+0,05						
	96,36		Schwach.										
		96,20	Bei t_2 nur eine breite Linie.										
	96,12												
	95,69	95,74					+0,05						
	95,26	95,26	Bei t_2 nur eine breite Linie.										
	95,01		Bei t_1 Duplet.										
	94,38	94,47					+0,09						
	94,15	94,14	Sehr schmal.				-0,01						
	93,82	93,80	Bei t_1 deutlich und breit.				-0,02						
		93,31											
	93,20												
		93,10											
	92,84	92,78					-0,06						
	92,49	92,48					-0,01						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
5692,22 91,74	5692,25 91,72		Bei t_2 bestehend aus einer Linie mit Begleiter.	0,48	0,53	+0,05	$\begin{cases} +0,03 \\ -0,02 \end{cases}$						
91,50	91,51						+0,01						
91,28 90,90	90,94		Bei t_2 Emission. Nur am violetten Rand eine enge Linie.										
90,72	90,62		Breit. Bei t_1 Triplet.										
90,51	90,29						-0,02						
89,98	89,97						-0,01						
89,61			Bei t_2 fehlt, wenigstens sehr undeutlich.										
	89,41												
89,34 88,94	89,21		Nach Violett zu Emission.										
88,77 88,46	88,92 88,48		Bei t_2 Linie mit Begleiter.	0,31	0,44	+0,13	$\begin{cases} +0,15 \\ +0,02 \end{cases}$						
88,27	88,25						-0,02						
88,00	87,95						-0,05						
87,73													
	87,61		Bei t_2 nur eine breite Linie.										
87,50													
87,16	87,14						-0,02						
86,88	86,90						+0,02						
86,61	86,62						+0,01						
86,34	86,35						+0,01						
86,06	86,04						-0,02						
85,71	85,73		Bei t_2 breit.				+0,02						
85,39	85,33						-0,06						
85,25	85,02		Bei t_1 breite Bande. Violetter Rand mehr absorbiert.										
	84,58		Breit.										
84,30	84,21		Kleiner Begleiter.										

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
5683,90	5683,88						-0,02						
83,58	83,60						+0,02						
83,30	83,28						-0,02						
82,94	82,90						-0,04						
82,59	82,62						+0,03						
82,27	82,33						+0,06						
81,91	81,99		Bei t_2 ist diese Linie ein Begleiter der vorigen Linie. Bei t_1 schwache Linie.				+0,08						
81,56	81,55						-0,01						
81,21	81,20		Breit.				-0,01						
80,85	80,85		Eng.				0						
80,50	80,50		Breit. Bei t_1 schwer zu entziffern.				0						
80,07	80,05						-0,02						
79,85	79,82						-0,03						
79,61	79,60						-0,01						
79,20 78,80	79,25 78,95			0,40	0,30	-0,10	$\begin{cases} +0,05 \\ +0,15 \end{cases}$						
	78,95 78,78		Begleiter.										
78,57	78,57		Bei t_1 schwach, bei t_2 deutlicher.				0						
78,09	78,30		Bei t_1 sehr undeutlich, ähnlich einem Begleiter. Bei t_2 sichtbare Linie.				+0,21						
	78,05		Bei t_1 scharfe Linie mit Begleiter rechts und links. Bei t_2 breite Linie mit schmaler Emissionslinie nach Violett.										
77,90	77,62												
77,83 77,61			Begleiter.										
77,32 76,92	77,40 77,05		Begleiter.	0,40	0,35	-0,05	$\begin{cases} +0,08 \\ +0,13 \end{cases}$						
76,92 76,73	77,05 76,72		Kräftige Linie.	0,19	0,33	+0,14	$\begin{cases} +0,13 \\ -0,01 \end{cases}$						
76,23	76,23		Bei t_1 rother Rand unscharf. Bei t_2 schwache Verbreiterung zum Violett ähnlich einem Begleiter.				0						
75,88			Bei t_2 fehlt die Linie.										
75,38 75,23	75,56 75,25		Bei t_2 sehr breit gegen Roth.	0,15	0,31	+0,16	$\begin{cases} +0,18 \\ +0,02 \end{cases}$						
74,98	74,98		Bei t_1 ist die zweite Linie ein Begleiter.				0						
74,72	74,72		Bei t_2 sind beide Linien gleich intensiv.				0						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5674,32	5674,38	Bei t_1 schwächer; rother Rand scharf. Bei t_2 beide Ränder scharf. Breite Linie.				+0,06						
	74,02 } 73,90 }	74,05 } 73,84 }		0,12	0,21	+0,09	$\begin{cases} +0,03 \\ -0,06 \end{cases}$						
	73,46		Bei t_1 ist die erste Linie sehr breit und undeutlich. Bei t_2 nur eine kräftige breite Linie, umgeben von starker Emission.										
		73,38											
	73,02												
	72,66	72,77	Bei t_2 Begleiter; bei t_1 deutliche Linie.				+0,11						
		72,53											
	72,34												
		72,28	Bei t_1 zwei Linien, bei t_2 nur eine.										
	72,07												
	71,88 } 71,70 }	72,08	Bei t_1 starke Linie. Bei t_2 gleichmässig absorbierte Linie.				+0,20						
	71,70 } 71,52 }	71,54	Bei t_1 schwacher Begleiter. Violetter Rand unscharf.	0,36	0,54	+0,18							
	71,33 } 70,75 }	71,29 } 70,92 }		0,58	0,37	-0,21	$\begin{cases} -0,04 \\ +0,17 \end{cases}$						
	70,38	70,57 } 70,29 }	Bei t_1 eine scharfe Linie mit Begleitern auf beiden Seiten. Bei t_2 zwei Linien; die zweite ist breiter.										
	69,37	69,80	Bei t_2 sehr stark.				-0,07						
	69,49	69,49					0						
	69,04	69,04	Breite Linien; bei t_2 stärker.				0						
	68,73 } 68,30 }	68,72 } 68,28 }	Doppelt; bei t_1 stärker.										
	68,14 } 67,80 }	68,12 } 67,78 }	Bei t_1 sehr scharf und deutlich.	0,34	0,34	0	$\begin{cases} -0,02 \\ -0,02 \end{cases}$						
	67,80 } 67,62 }		Schwacher Begleiter. Bei t_2 ist der Begleiter nicht zu entziffern.										
	67,45 } 66,95 }	67,46 } 66,95 }	Bei t_2 doppelt.	0,50	0,51	+0,01	$\begin{cases} +0,01 \\ 0 \end{cases}$						
	66,75 } 66,24 }	66,78 } 66,19 }	Bei t_1 stärker.	0,51	0,59	+0,08	$\begin{cases} +0,03 \\ -0,05 \end{cases}$						
	65,89	66,00	Bei t_1 ist die erste Linie breiter und undeutlicher. Bei t_2 beide gleich.				+0,11						
	65,57	65,66					+0,09						
	65,26	65,26	Sehr scharf.				0						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5664,97 } 64,47 }	5664,89 } 64,52 }	Bei t_2 unscharf.	0,50	0,37	-0,13	$\begin{cases} -0,08 \\ +0,05 \end{cases}$						
	64,26 }	64,30											
	63,91 }	64,11 } 63,87 }											
	63,41	63,45	Bei t_2 schwacher Begleiter zum Violett.				+0,04						
	62,86	62,85					-0,01						
	62,50	62,51	Enger.				+0,01						
	62,10		Breit.										
		61,93	Sehr scharf.										
	61,73		Eng und scharf.										
	61,57 } 61,37 }	61,52 }					-0,05						
	61,37 }		Bei t_2 doppelt.										
		61,06	Bei t_1 schwache Bande.										
	60,68 }	60,75	Schwach.										
	60,52 }	60,55 } 60,24 }	Bei t_2 Begleiter.				+0,03						
	60,03 }	60,24 } 60,03 }	Bei t_1 Begleiter zum Violett; fast keine Grenze mit der Hauptlinie.	0,49	52	+0,03	0						
	59,76	59,78					+0,02						
	59,43 } 59,10 }	59,28 }	Bei t_1 kräftig.										
	59,10 }		Bei t_2 doppelt.										
		58,90	Bei t_1 schwächer mit Verstärkung in der Mitte.										
		58,90 } 58,71 }	Schwacher Begleiter bei t_2 .										
	58,44 }	58,50	Schwach.										
5659,05													
	58,27 } 57,73 }	58,17 } 57,83 }	Bei t_1 sehr schwache Begleiter zu beiden Seiten. Bei t_2 unscharfe Ränder.	0,54	0,34	-0,20	$\begin{cases} -0,10 \\ +0,10 \end{cases}$	0,54	0,29	-0,25	$\begin{cases} -0,11 \\ +0,14 \end{cases}$	-0,23	$\begin{cases} -0,11 \\ +0,12 \end{cases}$
	57,41	57,44	Starke Emission nach Violett zu.				+0,03						
	56,88	56,94	Verschiebung mit blossen Auge zu erkennen.				+0,06						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5656,39		Deutlich.										
		5656,33											
	56,06		Bei t_2 nur zwei breite Linien.										
		55,90	Sehr starke Emission nach Violett zu.										
	55,74		Deutlich.										
	55,34	55,36	Bei t_1 stark. Violetter Rand unscharf.				+0,02						
		55,07											
	54,73	54,78	Bei t_2 alle diese Linien gleich intensiv.				0						
	54,39	54,40	Bei t_1 beide Linien gleich intensiv.				+0,01						
	54,05	54,05					0						
		53,85	Bei t_1 sehr schwach und eng. Bei t_2 starke Emission am violetten Rande.										
	53,81												
	53,55												
		53,35											
	53,12	53,09					-0,03						
	52,81	52,78					-0,03						
	52,44	52,50	Bei t_2 gleichartige Verbreiterung gegen Roth.				+0,06						
	51,90	51,90					0						
	51,59	51,52	Bei t_1 sehr schwacher Begleiter. Bei t_2 schwache Linie.				-0,07						
	51,19	51,24	Sehr kräftige Linien mit scharfen Rändern.	0,33	0,40	+0,07	+0,05						
	50,86	50,84					-0,02						
	50,71	50,69		0,15	0,18	+0,03	-0,02						
	50,56	50,51					-0,05						
	50,32	50,30	Sehr schwach.				-0,02						
	49,93		Breit und schwach.										
		49,72	Bei t_2 nur eine undeutliche Linie.										
	49,58		Enger und stärker.										
	49,16	49,19	Breit; bei t_2 breiter.				+0,03						
	48,80		Bei t_1 schwacher Begleiter.										
		48,74											
	48,57		Bei t_2 nur eine, aber sehr starke Linie. Bei t_1 starke, scharfe Linie.										
	48,57												
	48,42	48,43											

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5648,42 48,11	5648,43 48,08	Bei t_1 sehr schwacher Begleiter. Bei t_2 schwacher, aber scharfer Begleiter.	0,31	0,35	+0,04	+0,01 -0,03						
	47,84	47,76	Bei t_2 breiter.				-0,08						
	47,38	47,33					-0,05						
	47,01	46,97	Bei t_1 schwache Linie; bei t_2 breiter Begleiter.				-0,04						
	46,39	46,36	Bei t_1 sehr stark.				-0,03						
	46,06	46,05	Bei t_1 sehr schwach und eng.				-0,01						
	45,56	45,57	Vielleicht doppelt.				+0,01						
	45,20		Bei t_2 fehlt.										
	44,92	44,92	Bei t_1 enge Linien.				0						
	44,69	44,63					-0,06						
		44,43											
		44,26	Bei t_2 breit.										
	44,19												
	43,89		Sehr schwach.										
		43,64	Bei t_2 nur eine breite Linie.										
	43,51												
	43,14	43,12					-0,02						
	42,83	42,81	Bei t_1 Duplet.				-0,02						
	42,52	42,51					-0,01						
	42,25												
		42,16	Bei t_1 Duplet; bei t_2 nur eine breite Linie. NB, Zusammenfließen der Ränder.										
	42,02												
		41,75	Bei t_2 hier eine sehr feine helle Emissionslinie, während bei t_1 alle 3 Linien gleichartige sind.										
	41,62	41,38											
	41,21												
		40,93	Bei t_2 schwache, breite Bande.										
	40,85	40,50											
	40,29	40,25	Undeutlicher Begleiter.				-0,04						
	40,02	40,09	Bei t_2 mit Begleiter zum Violett.				+0,07						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5639,45 } 39,25 }	5639,64 }	Bei t_2 rother Rand sehr scharf; violetter Rand undeutlich, wie gleichmässig verbreitert.										
	39,02 }	39,03 }	Bei t_1 schwach.										
		38,68 }											
	38,57 }		Bei t_1 schwach, breit und undeutlich.										
		38,46 }	Schwacher Begleiter der vorigen Linie (5638,68).										
	38,04 }	37,99 }	Breit.				-0,05						
	37,52 }	37,52 }	Bei t_2 eng.				0						
	37,09 }	37,18 }					+0,09						
	36,72 }	36,72 }					0						
	36,28 }	36,28 }	Bei t_2 kräftig.				0						
		36,08 }											
	35,85 }		Bei t_2 nur eine schwache, breite Bande; bei t_1 zwei deutliche Linien.										
	35,58 }	35,55 }											
		35,36 }											
	35,30 }		Bei t_1 Begleiter.										
	35,07 }		Bei t_2 schwache Bande.										
		34,95 }	Bei t_1 scharfe Linie.										
	34,78 }	34,77 }	Schwache Linie.				-0,01						
	34,48 }	34,48 }	Sehr stark bei t_1 , violetter Rand un-	0,32	0,41	+0,09	0						
	34,16 }	34,07 }	scharf. Bei t_2 breiter.				-0,09						
	33,92 }												
	33,60 }	33,73 }	Bei t_1 Begleiter.										
			Bei t_2 enge Linie.										
	33,60 }		Hauptlinie.										
	33,43 }	33,56 }											
	33,43 }		Bei t_1 Begleiter.										
	33,29 }	33,25 }											
	33,08 }												
		33,00 }	Begleiter.										
	32,90 }		Schwächer, als die anliegenden.										
		32,80 }	Stärker.										
	32,72 }												

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5632,33 }	5632,29 }	Breit. Bei t_2 sehr schwach.				-0,04						
	31,96 }	31,96 }	Bei t_1 sehr stark, scharf und deutlich.										
	31,68 }	31,52 }	Bei t_2 breite Linie.										
			Bei t_1 Begleiter.										
	31,33 }	31,35 }					+0,02						
	31,07 }	31,07 }	Bei t_2 schwach.				0						
	30,67 }	30,65 }	Bei t_1 stark und breiter.				-0,02						
		30,25 }	Bei t_1 Emission.										
	29,92 }	29,91 }					-0,01						
	29,64 }	29,65 }					+0,01						
	29,44 }	29,39 }	Bei t_2 nach Violett starke Emissions-	0,40	0,48	+0,08	-0,05						
	29,04 }	28,96 }	linie.				-0,08						
	28,85 }		Bei t_2 hier die erwähnte Emissionslinie.										
	28,61 }	28,55 }					-0,06						
	28,08 }	28,08 }	Bei t_1 Begleiter auf beiden Seiten.				0						
	27,45 }	27,44 }					-0,01						
		27,08 }											
	26,86 }	26,84 }	Bei t_1 sehr scharf.				-0,02						
	26,68 }	26,62 }	Bei t_1 Begleiter der vorhergehenden.				-0,06						
	26,34 }	26,34 }					0						
	26,03 }	26,03 }					0						
	25,80 }												
		25,65 }											
	25,62 }		Begleiter.										
	25,31 }	25,31 }					0						
	25,10 }	25,14 }	Doppelt. Bei t_1 sehr starke Emissions-	0,35	0,42	+0,07	+0,04						
	24,75 }	24,72 }	linie nach Violett.				-0,03						
	24,44 }	24,45 }	Undeutlich; bei t_2 sehr schwach.				+0,01						
		24,08 }											
	23,89 }												
		23,84 }											
	23,50 }	23,53 }					+0,03						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5623,28												
		5623,19	Bei t_2 eine schwache, breite Linie statt zweier.										
	23,09	→	Begleiter der vorigen.										
	22,76	22,76	Bei t_2 undeutlich.				0						
	22,38	22,37	Bei t_2 stark, aber unscharf.				-0,01						
	22,04	22,05					+0,01						
		21,84											
	21,78		Bei t_1 zwei sehr deutliche und scharfe Linien; bei t_2 sind sie zusammengefloßen.										
	21,38												
		21,31											
	21,19	21,14											
	20,53	20,73		0,66	0,41	-0,25	$\begin{cases} -0,05 \\ +0,20 \end{cases}$						
		20,47											
	20,26	20,25											
		20,06	Bei t_2 nach Violett starke Emissionslinie, die bei t_1 sehr schwach ist.										
	19,77	19,86											
		19,60											
	19,49		Bei t_1 nach Violett Emissionslinie, die bei t_2 fehlt. Art von Begleiter (bei t_2).										
		19,18											
	19,08	19,18	Hauptlinie.										
		18,85											
	18,65	18,85											
	18,48		Bei t_1 schwacher Begleiter; bei t_2 breiter Begleiter eine schwache Absorptionslinie enthaltend (5618,57).				-0,02						
	17,97	17,95											
	17,78	17,79	Sehr scharf und deutlich.	0,47	0,48	+0,01	$\begin{cases} +0,01 \\ 0 \end{cases}$						
	17,31	17,31											
	17,09	17,15	Bei t_2 Art von Begleiter.	0,28	0,40	+0,12	$\begin{cases} +0,06 \\ -0,06 \end{cases}$						
	16,81	16,75											
	16,63	16,75	Bei t_2 kräftige Linie.	0,20	0,36	+0,16	$\begin{cases} +0,12 \\ -0,04 \end{cases}$						
	16,43	16,39											
	16,06	16,09					+0,03						
5615,88													
	15,73	15,73					0						
	15,48	15,44	Stark und deutlich.	0,37	0,36	-0,01	$\begin{cases} -0,04 \\ -0,03 \end{cases}$						
	15,11	15,08											
	14,73	14,75	Bei t_1 sehr eng und schwach.				+0,02						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
		5614,52											
	5614,42												
	14,12		Bei t_1 Art eines Triplets. Bei t_2 die Linien sind nicht zu trennen; nur eine breite Bande, deren violetter Rand scharf erscheint.										
	13,85	13,73											
	13,52	13,46											
	13,21	13,29	Sehr scharf und deutlich.	0,31	0,17	-0,14	$\begin{cases} -0,06 \\ +0,08 \end{cases}$						
		13,29											
	13,02		Bei t_2 Begleiter.										
		12,92											
	12,66	12,66	Bei t_2 ebenfalls ein Begleiter.				0						
	12,32	12,28					-0,04						
	11,99	11,96	Bei t_2 Triplet von gleichmässiger Intensität. Bei t_1 die stärkste Linie auf der rothen, die schwächste auf der violetten Seite der mittleren Linie.				-0,03						
	11,70	11,66					-0,04						
	11,30	11,30					0						
	11,03		Bei t_2 an dieser Stelle starke Emission. Bei t_1 schwache, enge Linie.										
	10,76	10,76	Breit, besonders bei t_2 .				0						
	10,27	10,26					-0,01						
	10,07		Bei t_1 sehr eng; bei t_2 starke Emission.										
		9,85											
	9,76		Bei t_1 Duplet.										
	9,50	9,50	Bei t_2 nur eine kräftige Linie.				0						
		9,88											
	9,28		Bei t_1 und t_2 Begleiter.										
	8,74	9,06											
	8,67												
	8,64	8,65	Bei t_1 Begleiter; bei t_2 Duplet.										
	8,40	8,43											
	7,97	7,95	Sehr breit.				-0,02						
		7,53											
	7,49		Bei t_1 zwei scharfe, enge Linien. Bei t_2 nur eine breite Linie mit starker Emission nach Violett.										
	6,99	6,91											
	6,80	6,60					0						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
		5588,62											
	5588,56												
	88,27	88,28	Breit; bei t_1 stark mit unscharfen Rändern.				+0,01						
	87,99	88,04	Bei t_1 kleiner Begleiter.				+0,05						
	87,73	87,77					+0,04						
	87,54	87,54					0						
	87,24	87,19	Bei t_2 sehr stark und fast zusammengefloßen zu einer breiten Linie.				-0,05						
	86,89	86,86					-0,03						
	86,40	86,39	Bei t_1 ein Begleiter; bei t_2 getrennte Linien.				-0,01						
	86,10	86,05	Bei t_2 sehr scharf.				-0,05						
	85,72	85,72	Bei t_2 sehr schwach.				0						
	85,45												
		85,32											
	85,10		Sehr breit.										
		84,78											
	84,57		Bei t_1 schwaches Duplet.										
		84,49											
	84,38												
	83,98	83,97	Scharf.				-0,01						
	83,75		Sehr eng und schwach.										
		83,64	Bei t_2 nur eine breite Linie.										
	83,54												
	83,29	83,28					-0,01						
	83,02 } 82,76 }	83,04 } 82,73 }	Bei t_1 sehr stark und scharf.	0,26	0,31	+0,05	{ +0,02 -0,03						
	82,58	82,57					-0,01						
	82,28	82,31					+0,03						
	82,04		Schwacher Begleiter.										
	81,86	81,86	Bei t_2 viel breiter; unscharfe Ränder.				0						
	81,58 } 81,20 }	81,44 } 81,16 }		0,38	0,28	-0,10	{ -0,14 -0,04						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5580,95	5580,95	Bei t_1 Art von Begleiter.										
	80,63	80,60											
		80,60											
	80,28	80,27	Unscharf; bei t_2 Emission.										
	79,92												
	79,67 } 79,35 }	79,65 } 79,33 }	Sehr stark und scharf.	0,32	0,32	0	{ -0,02 -0,02	0,33	0,38	+0,05	{ -0,01 -0,06	+0,03	{ -0,01 -0,04
	79,13	79,12	Eng.				-0,01						
	78,89	78,88	Eng.				-0,01						
	78,55	78,55	Breiter und stärker.				0						
	78,20	78,16					-0,04						
	77,93		Sehr schwach und eng.										
	77,51	77,51	Breit, möglicherweise doppelt.				0						
	76,86	76,86	Bei t_1 auf beiden Seiten Begleiter; bei t_2 gleichmässig und breit.				0						
	76,26	76,25					-0,01						
	75,91												
		75,78	Begleiter auf beiden Seiten.										
		75,71 }	Bei t_2 Begleiter der vorigen.										
	75,58 }	75,36 }					+0,06						
	75,07	75,11	Schwach und eng.				+0,04						
	74,82	74,82	Scharf.				0						
		74,57 }	Bei t_1 starkes Duplet. Bei t_2 sind beide Linien zusammengefloßen; der rothe Rand ist stärker absorbiert.										
	74,50 }	74,04 }											
	73,80 } 73,50 }	73,80 } 73,62 }	Bei t_1 sehr stark mit unscharfen Rändern. Bei t_2 scharf und eng.	0,30	0,18	-0,12	{ 0 +0,12	0,36	0,19	-0,17	{ 0 +0,17	-0,15	{ 0 +0,15
	73,27		Sehr schwach.										
	72,83	72,90	Bei t_1 Begleiter auf beiden Seiten mit sehr starker Emission nach Violett. Bei t_2 schwächer und breiter.				+0,07						
	72,26		Begleiter der folgenden.										
	72,12	72,14	Stark.				+0,02						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
5569,85	5571,83	5571,89	Bei t_1 breit.				+0,06						
	71,41	71,53	Bei t_2 breit und undeutlich. Alle Linien sind schwach.				+0,12						
	71,08	71,07					-0,01						
	70,85	70,84					-0,01						
	70,59		Sehr schwach.										
	70,40	70,25	Sehr stark. Bei t_2 sind beide Linien zu einer einzigen zusammengefloßen.										
	70,13												
	69,98												
	69,85												
	69,84	69,51	Bei t_1 Begleiter; bei t_2 schwache Linie.										
	69,46												
	69,29	69,23	Stark.										
	68,93												
	68,76	68,64	Bei t_1 Duplet; bei t_2 nur eine breite Linie.										
	68,57												
	68,35	68,32	Bei t_1 Duplet; bei t_2 ungleiche Linien.				-0,03						
	68,03	68,03					0						
	67,36	67,40	Bei t_1 rother Rand unscharf.				+0,04						
	66,99	66,95	Eng; Art von Begleiter.				-0,04						
	66,77	66,69	Bei t_1 stark. Bei t_2 rother Rand sehr undeutlich und die Stärke der Absorption wächst nach Violett zu.	0,51	0,50	-0,01	{						
	66,26	66,19											
	65,92	65,79	Bei t_1 stark und scharf. Bei t_2 stark, aber der viol. Rand verbreitert u. undeutlich.				-0,13						
	65,49		Bei t_1 scharfe Linie; bei t_2 Emission.										
	65,25	65,17	Bei t_1 starker Begleiter der vorigen Linie.				-0,08						
	64,95	64,85	Bei t_2 schwache, aber scharfe Linie.				-0,10						
	64,68	64,55	Bei t_1 sehr stark.				-0,13						
	64,56	64,25	Bei t_1 Begleiter; bei t_2 schwach und breit.										
	64,19												

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5563,98	5563,96	Bei t_2 schwach und eng.										
	63,78		Bei t_1 Duplet.										
	63,70	63,67	Bei t_2 schwach.										
	63,37												
		63,39	Bei t_1 Begleiter.										
		63,09	Bei t_2 Begleiter.										
	63,11	63,09	Starke Linie.	0,28	0,33	+0,05	{						
	62,83	62,76											
	62,44	62,47	Bei t_1 stark; rother Rand unscharf (verbreitert). Bei t_2 sehr schwach.				+0,03						
	62,14	62,19	Bei t_1 eng.				+0,05						
		61,88											
	61,78		Bei t_1 sehr breit.										
		61,65											
	61,33	61,33					0						
	61,02	61,02	Bei t_1 breit; bei t_2 schwach in starker Emission.				0						
	60,49	60,47	Bei t_1 breit; bei t_2 breit und sehr undeutlich.				-0,02						
	60,09	60,07	Bei t_2 sehr schwach.				-0,02						
	59,78												
	59,41	59,54	Bei t_1 breit; bei t_2 breiter; undeutlich.				+0,13						
	59,10	59,17	Bei t_1 enger; undeutlich.				+0,07						
	58,79	58,79	Sehr scharf.				0						
	58,44	58,45	Bei t_2 sehr schwach.				+0,01						
	58,22	58,16		0,33	0,26	-0,07	{						
	57,89	57,90											
	57,80		Sehr scharfer und enger Begleiter.										
	57,59	57,59	Bei t_2 nur eine breite Linie.										
	57,22												
	57,01	56,74	Bei t_1 starke Emissionslinie auf der violetten Seite; bei t_2 eine schwache.										
	56,76												
	56,56	56,51	Bei t_1 nur eine breite Linie. Bei t_2 zwei Linien.										
	56,22	56,26											

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5556,08		Bei t_1 nur eine breite Linie. Bei t_2 zwei Linien.										
		5556,03											
	55,74	55,77											
	55,59		Schwacher Begleiter.										
		55,51											
	55,81	55,84											
	55,13	55,12	Bei t_2 Begleiter. Bei t_1 getrennte Linie.										
		54,83											
	54,62	54,83											
	54,39		Bei t_2 Begleiter. Bei t_1 getrennte Linie.										
		54,33											
	54,08	54,07											
	53,77		Bei t_1 Duplet; bei t_2 sind die Linien zusammengefloßen.				-0,01						
		53,56											
	53,46												
	53,19	53,17	Bei t_1 sehr stark.	0,27	0,12	-0,15	{ -0,02 +0,13						
	52,92	53,05											
	52,58	52,59											
		52,31	Schwach.				+0,01						
	52,22	52,27	Bei t_2 schwach.				+0,05						
	51,91	51,86	Bei t_2 schwach; bei t_1 stärker.				-0,05						
		51,59	Stark.										
	51,44		Schwach. Nach Violett starke Emissionslinie.										
	51,15	51,17					+0,02						
	50,75	50,69					-0,06						
	50,40		Bei t_1 Duplet; bei t_2 sind die Linien zusammengefloßen.										
		50,25											
	50,15												
	49,80	49,80	Sehr scharf und eng; bei t_2 schwächer in starker Emission.				0						
	49,25	49,31	Bei t_1 Begleiter auf beiden Seiten.				+0,06						
	48,92	48,89	Bei t_1 Begleiter auf beiden Seiten.				-0,03						

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5548,36	5548,35	Schwach.				-0,01						
	48,03	48,03	Sehr scharf.				0						
	47,72	47,71					-0,01						
	47,50	47,50	{ Bei t_1 zwei sehr scharfe u. enge Linien; bei t_2 breite, gleichmässige Linie mit unscharfen Rändern. Die zweite Linie bei t_1 hat einen Begleiter an der violetten Seite, worauf eine starke Emissionslinie folgt.										
	47,08	47,00											
	46,64	46,60	Bei t_1 starke Emissionslinien auf beiden Seiten, bei t_2 nur nach Roth.				-0,04						
	46,25	46,27					+0,02						
	46,00	45,98					-0,02						
	45,71		{ Bei t_2 nur eine breite Linie mit starker Emissionsbande nach Violett.										
		45,54											
	45,44												
	44,75	44,67	Stark. Bei t_1 der rothe Rand unscharf.				-0,08						
	44,23	44,05	{ Bei t_1 schwach; Art von Begleiter. Bei t_2 ist der Begleiter fast vereinigt mit der folgenden Linie.				-0,18						
	43,89	43,77	Bei t_1 sehr stark.				-0,12						
	43,36	43,30	Sehr bemerkbare Verschiebung.				-0,06						
	43,08	43,05	Sehr stark.	0,49	0,50	+0,01	{ -0,03 -0,04						
	42,59	42,55											
	42,38	42,37	Bei t_1 starker Begleiter; bei t_2 schwacher Begleiter.	0,23	0,30	+0,07	{ -0,01 -0,08						
	42,15	42,07											
	42,15	42,07	Bei t_1 sehr stark. Bei t_2 rother Rand stark absorbiert, violetter Rand gleich- mässig verbreitert.										
	41,86	41,58											
	41,26	41,26	Bei t_2 Begleiter.										
		41,01											
		41,01	Bei t_1 sehr stark.										
	40,88	40,83	Bei t_2 starke Linie.										
		40,67											
		40,65					-0,02						
		40,44	Bei t_2 schwach.										
	40,37	40,09											
		40,09	Bei t_2 schwach.										
	39,96	39,82											

λ_0	λ_1	λ_2	Bemerkungen.	b_1'	b_2'	$\Delta b'$	δ'	b_1''	b_2''	$\Delta b''$	δ''	Δb	δ
	5521,20 } 21,07 }	5521,06											
	20,75	20,76	Bei t_1 sehr scharf.				+0,01						
	20,29	20,31	Bei t_1 sehr scharf.				+0,02						
	19,85	19,87					+0,02						
	19,43	19,47					+0,04						
	18,91	18,92					+0,01						
	18,61	18,66					+0,05						
	18,37	18,40	Bei t_1 Begleiter.				+0,03						
	18,16	18,16					0						
	17,94	17,92	Bei t_2 breiter.				-0,02						
	17,53	17,46	Bei t_2 schwach.				-0,07						
	16,98	16,98	Stark.				0						
	16,59	16,56					-0,03						
	16,17	16,12	Bei t_2 breiter.				-0,05						
	15,82	15,77	Bei t_2 starke Emissionsbande nach Violett.				-0,05						
	15,43	15,40	Bei t_2 schwach.				-0,03						
	15,13	15,13	Bei t_2 schwach.				0						
	14,88	14,85	Begleiter zur folgenden.				-0,03						
	14,69	14,69	Stark. Begleiter auch am violetten Rande vorhanden.				0						
	13,93	13,94	Sehr breit.				+0,01						
	13,40												
		13,29											
	13,12												
		12,88	Breit.										
	12,82												
	12,33		Starker Begleiter.										
		12,21	Sehr breit.										
	12,12												
5507,00													

Ausser dem schon früher für andere Platten erwähnten Unterschiede im allgemeinen Aussehen des Absorptionsspektrums des Bromdampfes bei niedrigen und hohen Temperaturen ergibt sich aus einer näheren Betrachtung der Zahlenangaben dieser Tabelle X, dass mancherlei Verschiedenheiten des Bromspektrums bei 19° und 1300° C. bestehen.

Die meisten Linien, welche bei niedriger Temperatur vorhanden sind, finden sich auch bei hoher Temperatur wieder; es giebt aber Fälle, wo eine Linie, die bei einer dieser Temperaturen vorhanden ist, bei der anderen ganz fehlt.

Ausserdem treten manche Unterschiede in dem Aussehen der Linien auf. Einige Linien werden deutlicher, andere schwächer. Es tritt auch zuweilen eine Verdoppelung der Linien auf.

Z. B. die Linie $^{5748,85}_{48,32}$, welche bei t_1 als eine breite Linie zu erkennen ist, zerfällt bei t_2 in 2 getrennte Linien.

In der Gegend der Linie 5721,00 befindet sich bei t_1 ein Triplet, während bei t_2 nur eine breite Linie sich erkennen lässt.

Es treten noch manche andere Verschiedenheiten auf. Alle dieselben aufzuzählen halten wir für überflüssig, da sie bei Durchmusterung der Tabelle X sich am besten erkennen lassen.

Es unterliegt also keinem Zweifel, dass bei einer Erhöhung der Temperatur der absorbierenden Bromschicht um 1281° C. ganz erkennbare Veränderungen bei einigen Linien zu Stande kommen.

Am interessantesten sind dabei die Verbreiterungserscheinungen der Linien und die etwaigen Verschiebungen der Ränder und der Mitten derselben.

Aus der Tabelle X ergibt sich in 36 Fällen eine Verbreiterung und in 32 Fällen eine Verjüngung der Linien beim Uebergang von der niedrigen zur hohen Temperatur. In drei Fällen blieb die Breite der Linien unverändert.

Es ist

$$\text{im Mittel} \left\{ \begin{array}{ll} \Delta b' = + 0,089 \text{ \AA. E.} & n = 36 \text{ (Anzahl der Beobach-} \\ + & + \text{ tungen.)} \\ \Delta b' = - 0,106 \text{ \AA. E.} & n = 32 \\ - & - \\ \Delta b' = 0 & n_0 = 3 \end{array} \right.$$

Aus den Controllwerthen $\Delta b''$ bekommt man

$$\text{im Mittel} \left\{ \begin{array}{ll} \Delta b'' = + 0,112 \text{ \AA. E.} & n = 5 \\ + & + \\ \Delta b'' = - 0,122 \text{ \AA. E.} & n = 9 \\ - & - \\ \Delta b'' = 0 & n_0 = 0 \end{array} \right.$$

Aus den Mittelwerthen Δb von $\Delta b'$ und $\Delta b''$ folgt

$$\text{im Mittel} \quad \left\{ \begin{array}{ll} \Delta b = 0,114 \text{ \AA. E.} & n = 5 \\ \Delta b = -0,133 \text{ \AA. E.} & n = 9 \\ \Delta b = 0 & n_0 = 0. \end{array} \right.$$

Beschränkt man sich aber nur auf die deutlichen oder scharfen Linien der Tabelle X, so ergibt sich

$$\text{im Mittel} \quad \left\{ \begin{array}{ll} \Delta b' = +0,071 \text{ \AA. E.} & n = 9 \\ \Delta b' = -0,088 \text{ \AA. E.} & n = 6 \\ \Delta b' = 0 & n_0 = 2. \end{array} \right.$$

Diese Werthe sind grösser, als der infolge der Unschärfe der Ränder der Linien noch zulässige Beobachtungsfehler, folglich müssen wir denselben eine reelle Bedeutung beilegen, um desto mehr, als diese Zahlen Mittelwerthen entsprechen. Wir sind also berechtigt den Schluss zu ziehen, dass beim Uebergang von einer niedrigen zu einer um 1281° C. höheren Temperatur einige Linien zweifellos sich verbreitern, während die anderen umgekehrt schmaler werden.

Wenden wir uns jetzt zu der Frage der Verschiebung der Linien zu.

Die Verschiebung des rothen Randes wollen wir durch δ_r , die des violetten durch δ_v und die der Mitte der Linien durch δ_m bezeichnen. Das Vorzeichen $+$ bedeutet eine Verschiebung zu grösseren Wellenlängen.

Aus der Tabelle X folgt im Mittel

$$\begin{array}{ll} \delta_r' = +0,073 \text{ \AA. E.} & n = 26 \\ \delta_r' = -0,061 \text{ \AA. E.} & n = 35 \\ \delta_r' = 0 & n_0 = 8 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{(Anzahl der Beobach-} \\ \text{tungen.)} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \delta_r'' = +0,120 \text{ \AA. E.} & n = 2 \\ \delta_r'' = -0,069 \text{ \AA. E.} & n = 10 \\ \delta_r'' = 0 & n_0 = 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \delta_r = +0,100 \text{ \AA. E.} & n = 2 \\ \delta_r = -0,069 \text{ \AA. E.} & n = 11 \\ \delta_r = 0 & n_0 = 1. \end{array}$$

Für die schärfsten und deutlichsten Linien ergibt sich

$$\begin{array}{ll} \delta_r' = +0,073 \text{ \AA. E.} & n = 6 \\ \delta_r' = -0,034 \text{ \AA. E.} & n = 10 \\ \delta_r' = 0 & n_0 = 1. \end{array}$$

Für den violetten Rand findet man im Mittel folgende Werthe

$$\begin{array}{ll} \delta_v' = +0,082 \text{ \AA. E.} & n = 26 \\ \delta_v' = -0,052 \text{ \AA. E.} & n = 37 \\ \delta_v' = 0 & n_0 = 6 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \delta_v'' = +0,096 \text{ \AA. E.} & n = 7 \\ \delta_v'' = -0,097 \text{ \AA. E.} & n = 6 \\ \delta_v'' = 0 & n_0 = 1 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \delta_v = +0,075 \text{ \AA. E.} & n = 8 \\ \delta_v = -0,088 \text{ \AA. E.} & n = 6 \\ \delta_v = 0 & n_0 = 0. \end{array}$$

Für die stärksten und deutlichsten Linien bekommt man

$$\begin{array}{ll} \delta_v' = +0,066 \text{ \AA. E.} & n = 5 \\ \delta_v' = -0,031 \text{ \AA. E.} & n = 11 \\ \delta_v' = 0 & n_0 = 1. \end{array}$$

Berücksichtigt man die Grösse dieser Mittelwerthe, so ist man wohl berechtigt aus ihnen den Schluss zu ziehen, dass die Ränder mancher Absorptionslinien bei entsprechender Erwärmung der absorbierenden Dampfschicht Verschiebungen erfahren, und zwar erfolgt

diese Verschiebung zuweilen zur Seite der grösseren, zuweilen aber zur Seite der kleineren Wellenlängen.

Für die Mitte der verschiedenen Linien ergibt sich im Mittel aus den direkten Messungen

$$\begin{array}{ll} \delta_{+m}' = +0,045 \text{ \AA. E.} & n = 112 \\ \delta_{-m}' = -0,034 \text{ »} & n = 160 \\ \delta_m = 0 & n_0 = 82 \end{array}$$

und für die deutlichsten und schärfsten Linien

$$\begin{array}{ll} \delta_{+m}' = +0,030 \text{ \AA. E.} & n = 3 \\ \delta_{-m}' = -0,036 \text{ »} & n = 15 \\ \delta_m' = 0 & n_0 = 9. \end{array}$$

Diese Werthe von δ_m' sind so klein, dass wir sie wohl als im Bereiche der noch zulässigen Beobachtungsfehler liegend betrachten können. Berücksichtigt man noch dabei, dass die Anzahl einzelner Bestimmungen für δ_m' sehr gross ist, so kann man wohl folgern, dass bei Erwärmung des Bromdampfes die Mitten dieser Absorptionslinien keine merkliche Verschiebung erfahren.

Dieses alles können wir folgendermaassen zusammenfassen¹⁾.

Bei Erwärmung des Bromdampfes um 1281° C. treten Veränderungen in einzelnen Linien des Absorbtionsspektrums auf.

Ausserdem werden dabei einige Linien verbreitert, einige dagegen verschmälert, welche Veränderungen auf die entsprechenden Verschiebungen der Ränder zurückzuführen sind.

1) Bei diesen Versuchen war die Erwärmung des Spaltes so klein, dass man die durch diese Erwärmung etwa hervorgerufene kleine Verschiebung der Linien gänzlich ausser Acht lassen darf. Man siehe den Schluss des § 7.

§ 10.

Vergleichstabelle einiger der wichtigsten Absorptionslinien des Bromdampfes.

Um einen Aufschluss über die Genauigkeit der absoluten Werthe der von uns bestimmten Wellenlängen der Absorptionslinien des Bromdampfes zu gewinnen, sind in der folgenden Tabelle XI die der Mitte einiger der wichtigsten und schärfsten Linien der Tabelle X entsprechenden Wellenlängen λ eingetragen. Diese Werthe sind am Anfang jeder Gruppe durch drei Zahlen angegeben; sie entsprechen einer Zimmertemperatur von 19° C.

Unter diesen Zahlen sind die Wellenlängen derselben Linien angegeben, wie dieselben sich in der Tabelle IX befinden, also aus einer ganz unabhängig ausgeführten Beobachtungsreihe. Diese Zahlen entsprechen fast derselben Zimmertemperatur (24° C.). Ein Vergleich beider Wellenlängen giebt also einen Aufschluss über die Genauigkeit der Bestimmung der absoluten Werthe der Wellenlängen der Absorptionslinien des Bromdampfes. Dabei ist aber zu beachten, dass nicht alle Linien, welche in der Tabelle X als scharf oder deutlich bezeichnet sind, in der Tabelle IX dieselben Eigenschaften besitzen.

Unter diesen zweiten Wellenlängen sind zum Vergleich die von Hasselberg¹⁾ ermittelten Werthe hinzugefügt, wobei zu beachten ist, dass Hasselberg zur Bestimmung seiner Wellenlängen etwas andere Normalen verwendet hat, als wir. Hasselberg benutzte nämlich die Wellenlängen des Potsdamer Catalogs, während wir die Rowland'schen Eisennormalen zu Grunde gelegt haben.

In den zweiten Columnen der Tabelle XI ist unter Δb die Verbreiterung (+), resp. Verjüngung (—) der Linien angegeben beim Uebergang von einer niedrigeren zu einer höheren Temperatur. Der in der ersten Zeile jeder Zahlengruppe befindliche Werth entspricht einer Temperaturerhöhung von 1281° C. und der in der zweiten einer von 499° C.

In den dritten Columnen sind unter δ die entsprechenden Verschiebungen der Mitten der Linien angegeben, wobei das Vorzeichen + eine Verschiebung zur Seite der grösseren Wellenlängen bedeutet.

Alle Zahlen sind in Ängström'schen Einheiten ausgedrückt.

Die kleinen Sterne *, welche bei einigen Zahlen angeführt sind, bedeuten, dass die entsprechende Zahl das Mittel aus zwei Werthen ist.

1) Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Bd. 24. № 3. (1891).

Tabelle XL.

	λ	Δb	δ	λ	Δb	δ	λ	Δb	δ
Tab. X.	5708,44	—	— 0,01	5613,37	— 0,14	+ 0,01	5558,79	—	0
Tab. IX.	08,42	— 0,10	—	13,33	—	+ 0,06	58,77	+ 0,02	—
Hasselberg.	08,40	—	—	(13,51) ¹⁾	—	—	58,82	—	—
X.	5693,82	—	— 0,02	2,36	— 0,06*	+ 0,01*	53,06	— 0,15	+ 0,05
IX.	93,81	+ 0,01	—	2,32	— 0,12*	+ 0,02	53,03	—	—
H.	93,89	—	—	2,44	—	—	53,09	—	—
X.	76,83	+ 0,14	+ 0,06	5599,21	—	—	49,80	—	0
IX.	76,98	+ 0,09	—	99,18	—	—	49,80	—	+ 0,04
H.	76,93	—	—	99,33	—	—	49,87	—	—
X.	67,97	0	— 0,02	98,57	— 0,08	— 0,02	48,03	—	0
IX.	67,90	+ 0,04*	+ 0,05	98,56	—	—	48,03	— 0,04	—
H.	67,97	—	—	98,70	—	—	48,14	—	—
X.	65,26	—	0	97,93	— 0,20*	+ 0,07*	42,84	+ 0,01	— 0,04
IX.	65,22	—	+ 0,07	97,89	— 0,10	—	42,82	+ 0,02	—
H.	(65,38)	—	—	97,90	—	—	42,74	—	—
X.	55,34	—	+ 0,02	93,56	—	— 0,01	35,01	—	— 0,01
IX.	55,29	+ 0,12	—	93,52	—	—	34,97	—	—
H.	55,39	—	—	93,65	—	—	35,04	—	—
X.	51,03	+ 0,07	+ 0,01	92,65	—	— 0,03	34,31	+ 0,16*	+ 0,09*
IX.	—	—	—	92,61	+ 0,07*	+ 0,02	34,35	+ 0,15	—
H.	51,04	—	—	92,68	—	—	34,31	—	—
X.	50,64	+ 0,03	— 0,04	89,77	—	— 0,01	33,83	—	0
IX.	—	—	—	89,68	—	—	33,85	—	—
H.	50,76	—	—	89,84	—	—	33,86	—	—
X.	46,39	—	— 0,03	83,98	—	— 0,01	32,83	— 0,10	+ 0,01
IX.	46,33	+ 0,26*	— 0,07	83,92	—	—	32,85	—	—
H.	46,42	—	—	84,00	—	—	32,76	—	—
X.	36,28	—	0	82,89	+ 0,05	— 0,01	26,39	—	0
IX.	36,16	—	—	82,82	+ 0,09	—	26,39	+ 0,10	—
H.	36,25	—	—	82,94	—	—	26,35	—	—
X.	30,67	—	— 0,02	79,51	+ 0,03*	— 0,02*	22,95	—	—
IX.	30,54 ¹⁾	+ 0,31	—	79,47	+ 0,03	—	—	—	—
H.	30,63	—	—	79,60	—	—	22,98	—	—
X.	26,86	—	— 0,02	74,82	—	0	22,07	—	— 0,01
IX.	26,83	0	—	—	—	—	22,07	+ 0,02	—
H.	26,96	—	—	74,69	—	—	22,10	—	—
X.	17,54	+ 0,01	+ 0,01	72,12	—	+ 0,02	16,98	—	0
IX.	17,51	+ 0,03*	+ 0,08	72,17	—	—	17,01	—	—
H.	17,61	—	—	72,21	—	—	17,03	—	—
Tab. X.	15,29	— 0,01	— 0,03	62,97	+ 0,05	— 0,05			
Tab. IX.	15,25	— 0,10	—	62,94	+ 0,09	—			
Hasselberg.	15,38	—	—	63,00	—	—			

1) Undeutlich.

Die Uebereinstimmung zwischen den absoluten Werthen von λ aus den Tabellen X und IX ist meistentheils als eine ganz befriedigende zu bezeichnen, insbesondere wenn man die Schwierigkeit dieser Messungen ins Auge fasst, welche durch die allgemeine Unschärfe der Ränder von Absorptionslinien bedingt ist. Bei relativen Messungen, wie diese bei Verbreiterungserscheinungen und Verschiebungen vorkommen, kann der relative Fehler der Messungen noch kleiner angenommen werden.

Die Hasselberg'schen Werthe der Wellenlängen fallen in der Mehrzahl der Fälle etwas grösser aus, aber trotzdem weichen sie im Allgemeinen nicht zu sehr von unseren Bestimmungen ab.

Die Potsdamer Normalen sind dabei selbst etwas grösser, als die Rowland'schen.

Was nun die Verschiebungen δ der Mitte der Linien anbelangt, so sind dieselben im Allgemeinen sehr klein und können meistentheils als im Bereiche der möglichen Beobachtungsfehler liegend betrachtet werden.

§ 11.

Visuelle Messungen der Verbreiterung der Absorptionslinien.

Die anfänglichen photographischen Aufnahmen des Absorptionsspectrums des Bromdampfes bei Erhöhung der Temperatur bis circa 350° C. hatten gezeigt, dass es schwer und ziemlich unsicher ist, bei so geringen Temperaturunterschieden aus den Aufnahmen unter dem Mikroskop über die Aenderung der Linienbreite Schlüsse zu ziehen, erstens, weil die photographische Methode bei solchen Untersuchungen mit der grössten Vorsicht gehandhabt werden muss, zweitens, weil verschiedene Temperatureinflüsse auf den Spectrographen selbst einwirken können und drittens, da die Erscheinungen selbst von der Grössenordnung der möglichen Beobachtungsfehler sind. Daher war es bei unseren Untersuchungen sehr wichtig, wenn möglich, ausser der photographischen Methode noch eine directe Messung der Breite der Absorptionslinien am Spectrographen während des Erwärmens des Stoffes selbst vorzunehmen. Der von uns am meisten durch die photographische Methode untersuchte Theil des Bromspectrums liegt in einem Gebiet, welches vom Auge von allen Wellenlängen am leichtesten empfunden wird. Von diesem Standpunkt aus betrachtet würde eine visuelle Messung leicht zum Ziele führen. Andererseits besteht aber dieses Bromspectrum aus einer so dicht gedrängten Anzahl von Linien, dass zu seiner Untersuchung Apparate von weit grösserer Auflösungsfähigkeit von Nutzen sein könnten. Dieser letztere Umstand lässt das ganze Spectrum für das Auge sehr lichtschwach erscheinen, besonders bei höheren Tempe-

aturen, wo die Durchlässigkeit schnell abnimmt, und erschwert im höchsten Maasse die visuelle Messung der Breite der Linien. Doch finden sich unter der grossen Anzahl Linien einzelne, die von uns als «stark» oder «deutlich» bezeichnet sind, die eine directe Ausmessung wohl zulassen.

Wir haben auch an einer Linie, die besonders scharf und dunkel im Spectrum hervortritt, eine Probe gemacht und dabei eine sehr befriedigende Übereinstimmung mit Messungen nach der photographischen Methode gefunden.

Die Vorrichtung zu solchen Messungen wurde folgendermaassen hergestellt. Eine Säule von einem Kathetometer mit Millimetertheilung wurde horizontal an einem stämmigen, dreifüssigen Gestell für Ablesefernrohr und Scala befestigt. Dieses Gestell besass an den Füßen Stellschrauben mit feinem Gewinde zum beliebigen Heben und Senken, sowie Neigen des Apparates.

An dem Schlitten der Kathetometersäule, welcher eine Zahnführung hatte, wurde oben horizontal ein Mikroskop von einer Theilmaschine angebracht, in welches anstelle der ursprünglichen Linse ein Objectiv von einem Reichert'schen Mikroskop eingesetzt war, um die zu unserem Zweck passendste Vergrösserung herzustellen, da das ursprüngliche Mikroskop der Theilmaschine eine viel zu bedeutende Vergrösserung besass, so dass die Ränder der Spectrallinien dermaassen unscharf aussahen, dass eine genaue Einstellung sehr erschwert war. Auf diese Weise erreichten wir gerade die für unseren Zweck günstigste Vergrösserung 15 bis 16.

Das Mikroskop hatte selbst eine Zahnführung zur Erreichung der richtigen Distanz beim Einstellen auf das Object und war mit einer Ocularmikrometerschraube ausgestattet, die, mit einer hunderttheiligen Trommel versehen, hinter dem Ocular einen Faden und zugleich ein spitzwinkliges Fadenkreuz hin- und herbewegte, so dass man beim Messen nach Bedarf das eine oder das andere benutzen konnte. Der Werth eines Theilstrichs der Trommel wurde nach einem Vergleichsmaassstab bestimmt, wobei 707 Trommeltheile 3 mm. entsprachen, was für einen Trommeltheilstrich die Zahl 0,00424 mm. liefert.

Diese beschriebene Vorrichtung wurde auf dem stämmigen Tisch, auf den sich die Camera des Spectrographen aufstützte, aufgestellt und in solch' eine Lage gedreht, dass die Axe des Mikroskopes der Tubusaxe des Spectrographen parallel wurde. Durch eine derartige Einrichtung war die Möglichkeit geboten, das Mikroskop in jeden Bereich des Spectrums zu bringen und scharf einzustellen. Beim Messen selbst machte man mit Vorliebe von dem Fadenkreuz Gebrauch, welches eine schärfere Einstellung auf die Ränder der Linien gestattete, als der verticale Faden.

Es wurde die sehr scharfe Absorptionslinie $\lambda = 5592,61$ (siehe λ_1 in der Tabelle IX) bei verschiedenen Temperaturverhältnissen ausgemessen und zwar mit dem Rohr I' (Dichte 0,00130) und II' (Dichte 0,00070). Die Versuche wurden mit I' begonnen.

Es war dieses ein Rohr, in welchem mit blossen Auge bei Zimmertemperatur kein flüssiges Brom entdeckt werden konnte, das Spectrum sah aber oft bei dieser Temperatur

so undeutlich aus, wie wenn sich an den inneren Wänden geringe Spuren der Flüssigkeit condensiert hätten, daher wählte man als Anfangstemperatur eine höhere, ungefähr 100° C., wo die Linien sehr scharf ausfielen.¹⁾ Begnügt man sich bei jeder Temperatur nur mit je einer Ablesung, so ist es schwer, über die Verschiedenheit der Breite ein Urtheil zu fällen, da mitunter einzelne Ablesungen für verschiedene Temperaturen gleich ausfallen. Macht man aber für jede Temperatur eine beträchtliche Anzahl von Bestimmungen, so fällt das Mittel bei höherer Temperatur immer grösser aus. Es wurden daher für jede Temperatur gewöhnlich 10 Messungen gemacht und begnügte man sich nur in wenigen Fällen mit fünf, wenn die Zahlen besonders gut übereinstimmten.

Die erste Beobachtungsreihe ist in der folgenden Tabelle XII zusammengestellt, wo im letzten Versuch die Einstellung auf beiden Seiten der Linie von Hell auf Dunkel geschah, während man bei allen übrigen Messungen in gleicher Richtung einstellte. Aus dem Grunde sind dort die Breiten kleiner ausgefallen, da der todte Gang der Schraube hinzukommt.

Tabelle XII.

Temperatur des Gitters.	Temperatur des Brom- dampfes.	Breite in Trommel- theilen.	Breite in Ä. E.	Verbreite- rung in Ä. E.	Anzahl der Messungen.
16,588 C.	92,5 C.	14,75	0,26	0,03	10
16,590	380,0	16,24	0,29		10
16,670	102,5	14,50	0,26	0,04	5
16,700	397,5	17,20	0,30		5
16,765	109,0	13,17	0,23	0,07	10
16,844	375,0	16,88	0,30		10
17,005	102,0	9,35		0,06	8
17,022	375,0	12,46			10

Die zweite Beobachtungsreihe geschah mit dem Rohr von geringerer Dichte II' (Dichte 0,00070), wobei die möglichst geringe, gerade noch zulässige Spaltbreite verwendet wurde, bei welcher noch die Helligkeit bei derartigen Messungen ausreichte (7,5 Theile der Trommel am Spalt). Diese Messungen sind in der folgenden Tabelle XIII zusammengestellt.

1) Für dieses Rohr ist $t_0 = 15^\circ \text{C.}$ (Siehe die Tabelle VII auf S. 22).

Tabelle XIII.

Temperatur des Gitters.	Temperatur des Brom- dampfes.	Breite in Trommel- theilen.	Breite in Å. E.	Verbreite- rung in Å. E.	Anzahl der Messungen.
17,100 C.	24,0 C. ¹⁾	14,90	0,26	0,00 0,02	10
17,118	101,0	14,80	0,26		7
17,122	360,0	15,64	0,28		10
17,120	21,0	14,52	0,26	0,01 0,03	10
17,120	113,2	15,05	0,27		10
17,152	350,0	16,46	0,29		10

Eine dritte Serie von Messungen wurde später mit viel breiterem Spalt (14,4 Trommeltheile am Spalt) ausgeführt, um eine grössere Lichtstärke zu haben. Die erste Gruppe in der folgenden Tabelle XIV gilt für das Rohr II', die zweite für I'.

Tabelle XIV.

Temperatur des Gitters.	Temperatur des Brom- dampfes.	Breite in Trommel- theilen.	Breite in Å. E.	Verbreite- rung in Å. E.	Anzahl der Messungen.
17,080 C.	25° C.	14,83	0,26	0,01 0,02	10
17,080	105	15,06	0,27		10
17,080	340	15,95	0,28		10
17,135	26	13,76	0,24	0,01 0,06	9
17,155	118	14,02	0,25		10
17,180	365	17,16	0,30		10

Um die Breite der Linien in Ängströmeinheiten auszudrücken, benutzten wir aus der Tabelle I die Zahl 0,24 mm., die bei unserer Aufstellung des Spectrographen für die Wellenlänge 5600 einer Å. E. entspricht, und den Werth eines Trommeltheiles der Mikrometer-

1) Für dieses Rohr ist nach der Tabelle VII $t_0 = 1^\circ \text{C.}$

schraube 0,00424 mm., wonach derselbe in Wellenlängen 0,0177 Å. E. beträgt. Mit Hülfe dieser Zahl sind die Grössen in der vierten und fünften Rubrik der Tabellen erhalten.

Aus der Tabelle XII folgt als Mittelwerth für eine Temperaturerhöhung von 280° C. eine Verbreiterung der Absorptionslinie um 0,05 Å. E., und aus der Tabelle XIV für dieselbe Stoffdichte für 339° C. eine Verbreiterung um 0,06 Å. E.

Wenden wir uns zur Tabelle IX, die aus Beobachtungen mit demselben Rohr I' erhalten ist, und suchen dort die betreffende Linie auf, so finden wir für eine Temperaturerhöhung um 499° C. die Verbreiterung von 0,07 Å. E. Die Breite der Linie selbst ist aber bei visuellen Messungen etwas kleiner ausgefallen, was sich wohl durch die Eigenthümlichkeiten der photographischen Methode selbst erklären lässt und vielleicht auch noch dadurch, dass bei unserem Spectrographen die photographischen Platten keine Cylinderfläche bildeten und die Einstellung daher für alle Linien zu gleicher Zeit nicht streng im Focus sein kann, wodurch auf der Platte ein Theil der Linien etwas breiter ausfallen wird, während das Mikroskop dagegen immer auf die günstigste Schärfe eingestellt wird.

Die Versuche mit dem Rohr von geringerer Dichte ergeben im Mittel für eine Temperaturerhöhung von 327° eine Verbreiterung um nur 0,02 Å. E., eine Grösse, die nach der photographischen Methode schwer festzustellen war. Unter dem Mikroskop erschienen die Veränderungen auf Platten für dieses Rohr so gering, dass man sie keiner Ausmessung unterzog.

Etwas auffallend erscheint bei diesen Untersuchungen der Umstand, dass die Breite des Spaltes auf die Breite der Linien sehr geringen Einfluss ausgeübt hat, wo der Unterschied der Spaltbreite doch ein beträchtlicher war. Aus dieser Thatsache könnte man wohl den Schluss ziehen, dass die Absorptionslinie $\lambda = 5592,61$ aus einer beträchtlichen Anzahl der feinsten Linien besteht, die dicht mit ihren Rändern übereinander lagern und mit einem Spectrographen von grösserem Auflösungsvermögen vielleicht getrennt erscheinen würden.

Das Resultat dieser visuellen Messungen lässt sich folgendermaassen ausdrücken:

- 1) Bei grösseren Dichtigkeiten findet eine recht merkliche Verbreiterung mit der Temperatur für die Linie $\lambda = 5592,61$ statt.
- 2) Bei geringeren Dichtigkeiten ist sie wohl unzweifelhaft vorhanden, erreicht aber einen viel kleineren Werth.
- 3) Die Linie selbst scheint eine starke Bande zu sein.
- 4) Die visuelle Methode, bei Spectrographen mit grösserem Auflösungsvermögen angewandt, kann zu interessanten Beziehungen der Linienbreiten in ihrer Abhängigkeit von Temperatur und Dichte führen.
- 5) Die photographische Methode erweist sich bei unseren Untersuchungen, wo es sich zum Theil um qualitative Bestimmungen handelt, als genügend maassgebend in Bezug auf den Charakter der Linien.

Anmerkung. Die visuellen Messungen wurden vollständig mit derselben Aufstellung ausgeführt, wie die photographischen Aufnahmen, indem mit Hülfe einer verticalstehenden Cylinderlinse eine helle Lichtlinie auf den Spalt geworfen wurde. Nur fiel jetzt zur Vergrösserung der Lichtstärke das zuweilen angewandte Farbenfilter aus Kaliumbichromatlösung fort. Um für eine grössere Anzahl solcher Linien und für noch höhere Temperaturen Messungen anzustellen, müsste eine stärkere Lichtquelle benutzt werden, oder es könnte die Lichtlinie durch Einschalten einer zweiten Linse vor dem Spalt verkürzt werden, wodurch eine bedeutend grössere Lichtstärke erzielt werden könnte.

12.

Verschiebung der Emissionslinien des Quecksilberdampfes beim Durchgang durch eine absorbierende gasförmige Brom- oder Jodschiicht.

Bei Gelegenheit unserer Untersuchungen über das Absorptionsspectrum des Broms sind wir auf eine interessante Erscheinung gestossen, nämlich die, dass die Emissionslinien des Quecksilberdampfes in einer Arons'schen Lampe, beim Durchgang der Strahlen durch eine absorbierende gasförmige Bromschicht, ihre Lage im Spectrum etwas verändern. Wir haben daher diese Frage einem speciellen Studium unterworfen, dessen Resultate in diesem § mitgetheilt sein mögen.

Bei diesen Versuchen war die Aufstellung der einzelnen Theile des Apparates genau dieselbe, wie bei der Untersuchung des Absorptionsspektrums des Broms, nur war anstatt der früher erwähnten Kohlenbogenlampe eine Aron'sche Lampe verwendet.

Man liess die Strahlen durch ein Absorptionsgefäss mit Bromdampf (Glasgefäss № I', mittlere Dichte 0,00130) hindurchgehen und photographierte das Spectrum des Quecksilberdampfes bei Zimmertemperatur des Bromdampfes und nachher beim Erwärmen desselben um etwa 500° C. Eine genaue Betrachtung der erhaltenen photographischen Platten unter dem Mikroskop erwies eine kleine Verschiebung einiger der erhaltenen Quecksilberlinien.

Diese Verschiebung ist allerdings sehr klein, aber durch Vermehrung der Anzahl der einzelnen Messungen kann man ziemlich zuverlässige Mittelwerthe bekommen, um desto mehr, da die Emissionslinien im Allgemeinen ein viel schärferes Aussehen auf der photographischen Platte haben, als die Absorptionslinien des Bromdampfes. Bei diesen Beobachtungen versuchte man die Expositionszeiten bei niedriger und hoher Temperatur des Bromdampfes so zu regulieren, dass die Stärke der Quecksilberlinien auf der photographischen Platte möglichst gleich ausfiel.

Auf diese Weise wurden die grüne Quecksilberlinie $\lambda_g = 5460,99$ und die zwei gelben Linien $\lambda_{j_2} = 5769,82$ und $\lambda_{j_1} = 5790,91$ untersucht.

Ausser diesen Aufnahmen mit Bromdampf wurde eine Anzahl von Versuchen mit Joddampf ausgeführt, die ebenfalls eine Verschiebung der Quecksilberlinien ergaben.

Man wäre zunächst wohl geneigt zu glauben, dass die beobachtete Verschiebung der Quecksilberlinien auf eine etwaige Verschiebung oder Deformation des cylindrischen Absorptionsrohres zurückzuführen wäre. Wir haben deshalb folgenden Controllversuch ausgeführt. Das Absorptionsgefäss wurde geöffnet und der Bromdampf durch Luft ersetzt und alsdann zwei Aufnahmen, wie in den früheren Fällen, gemacht und zwar bei niedriger und hoher Temperatur. In diesem Fall ergab sich keine merkliche Verschiebung der Quecksilberlinien, folglich erwies sich die eben ausgesprochene Vermuthung als unzutreffend.

Es wäre aber noch denkbar, dass die beobachteten Verschiebungen der Quecksilberlinien auf eine etwaige Erwärmung des Spaltes bei den Versuchen zurückzuführen wären.

Um diese Frage aufzuklären, wurde folgender Versuch angestellt.

Die von der Arons'schen Lampe ausgehenden Strahlen wurden durch ein Absorptionsgefäss mit Joddampf geschickt, welches fortwährend bei Zimmertemperatur blieb. Es wurden dann drei Aufnahmen gemacht. (Platte № 251).

Die erste entsprach einer Temperatur $\tau_1 = 18,65$ C. bei dem Spalt. Als dann wurde der Spalt künstlich erwärmt bis zu der Temperatur $\tau_2 = 25,50$ C. und dann die zweite Aufnahme gemacht. Schliesslich wurde der Spalt bis zu der Temperatur $\tau_3 = 19,58$ C. abgekühlt und eine dritte Aufnahme vorgenommen.

Es ergab sich dabei folgendes Resultat. Bei Erwärmung des Spaltes tritt eine Verschiebung der Quecksilberlinien auf, aber diese Verschiebung ist immer negativ, d. h. zur Seite der kleineren Wellenlängen und zwar ist im zweiten Fall die Verschiebung für 1° C. kleiner als im ersten, wo der Spalt erwärmt wurde. Dieser Umstand lässt sich wohl dadurch erklären, dass beim Abkühlen die verschiedenen Theile des Spectrographen um den Spalt herum noch nicht die vom Thermometer angezeigte Temperatur angenommen haben.

Es ergaben sich aus diesen Versuchen im Mittel folgende Werthe für die negative Verschiebung der Quecksilberlinien für eine Temperaturerhöhung des Spaltes um 1° C.

$$\begin{aligned} \text{bei Erwärmung } \sigma &= -1,09 \\ \text{» Abkühlung } \sigma_1 &= -0,50. \end{aligned}$$

Diese Zahlen sind in Trommeltheilen unseres Mikrosopes angegeben, wobei für einen Trommeltheilstrich des Mikrosopes die Werthe gelten

$$\begin{aligned} \text{für } \lambda_g &= 5460,99 \text{ Ä. E.} & 0,0106 \text{ Ä. E.} \\ \text{» } \lambda_{j_2} &= 5769,82 \text{ »} & 0,0102 \text{ »} \\ \text{» } \lambda_{j_1} &= 5790,91 \text{ »} & 0,0102 \text{ »} , \end{aligned}$$

also entspricht ein Trommeltheil des Mikrosopes rund 0,01 Ä. E.

Die beobachteten Verschiebungen für 1° C. sind also sehr gering.

Nun war aber bei unseren Versuchen mit Brom- und Joddampf die Erwärmung des Spaltes immer sehr unbedeutend, ausserdem, wäre die beobachtete Verschiebung der Quecksilberlinien beim Durchgang der Strahlen durch Brom- und Joddampf auf eine etwaige Erwärmung des Spaltes zurückzuführen, so würde diese Verschiebung eine negative gewesen sein. Nun haben aber die Versuche gezeigt, dass diese Verschiebungen fast ausschliesslich positiv sind, folglich können sie nicht durch den oben erwähnten Umstand erklärt werden.

Wir müssen also unbedingt schliessen, dass wir hier wirklich mit einer reellen Erscheinung zu thun haben, und dass einige Quecksilberlinien beim Durchgang der Strahlen durch erwärmten Brom- oder Joddampf eine wirkliche Verschiebung zur Seite der grösseren Wellenlängen erfahren. Diese Verschiebung ist in einigen Fällen so gross, dass sie ohne irgend welche Schwierigkeit direct nachweisbar ist.

Es mögen nun weiter unten die Resultate der directen Ausmessung der verschiedenen Platten angegeben werden. Die angeführten Zahlen für die Verschiebungen δ sind zuerst in Trommeltheilen angegeben und beziehen sich auf die Mitte der entsprechenden drei Quecksilberlinien.

Platten №№ 150, 152, 153 und 154. Bromdampf.

Erwärmung von 20° C. auf 520° C.

Linie (L).	Verschiebung (δ).	Anzahl der Messungen.
<i>g</i>	+ 3,6	15
<i>j₂</i>	+ 1,3	7
<i>j₁</i>	+ 3,9	9

Platten №№ 157, 158 und 160. Joddampf.

Erwärmung von 20° C. auf 520° C.

L.	δ	Anzahl der Messungen.
<i>g</i>	+ 1,5	12
<i>j₂</i>	+ 6,3	10
<i>j₁</i>	—	—

Nach diesen vorläufigen Bestimmungen wurden bei den späteren Versuchen die Temperaturen bei dem Spalt genau gemessen und ausserdem die Bunsenbrenner, welche zur Erwärmung des Thermostaten dienten, etwa drei Stunden vor Beginn der Aufnahmen angezündet, um eine möglichst constante Temperatur in den verschiedenen Theilen des Beobachtungsraumes herzustellen.

Im Folgenden ist ausser der Temperaturerhöhung des Brom- oder Joddampfes Δt , noch die Temperaturerhöhung $\Delta \tau$ des Spaltes angegeben.

δ bedeutet die entsprechende Verschiebung der Mitte der Quecksilberlinie in Trommeltheilen.

Darauf erfolgte die Abkühlung des Brom- oder Joddampfes und eine abermalige Aufnahme wurde vorgenommen. Die entsprechende Temperaturänderung des Absorptionsgefässes ist jetzt durch Δt_1 und die des Spaltes durch $\Delta \tau_1$ bezeichnet. Die Verschiebung der Linien ist unter δ_1 angegeben, wobei wir unter δ_1 immer die Verschiebung verstehen werden, welche dem Uebergang von einer niedrigen zu einer hohen Temperatur entspricht.

Der Spalt wurde möglichst eng gemacht.

Platte № 240. Joddampf.

L	Δt	$\Delta \tau$	δ 1)	Δt_1	$\Delta \tau_1$	δ_1 1)
<i>g</i>	346° C.	1,48 C.	— 1,9	315° C.	0,84 C.	+ 1,0
<i>j₂</i>	346	1,48	+ 4,0 2)	315	0,84	+ 4,6 2)

Platte № 244. Bromdampf.

L	Δt	$\Delta \tau$	δ 1)	Δt_1	$\Delta \tau_1$	δ_1 1)
<i>g</i>	480° C.	1,41 C.	+ 0,8	462° C.	1,17 C.	+ 2,6
<i>j₂</i>	—	—	—	462	1,17	+ 2,7
<i>j₁</i>	—	—	—	462	1,17	+ 3,0

Platte № 245. Bromdampf.

L	Δt	$\Delta \tau$	δ	Δt_1	$\Delta \tau_1$	δ_1
<i>g</i>	477° C.	1,67 C.	+ 0,5	453° C.	0,85 C.	+ 3,8
<i>j₂</i>	—	—	—	453	0,85	+ 3,7
<i>j₁</i>	—	—	—	453	0,85	+ 4,7

Platte № 248. Bromdampf.

L	Δt	$\Delta \tau$	δ	Δt_1	$\Delta \tau_1$	δ_1
<i>g</i>	471° C.	1,51 C.	+ 0,8	447° C.	1,54 C.	+ 0,9

Platte № 249. Bromdampf.

L	Δt	$\Delta \tau$	δ	Δt_1	$\Delta \tau_1$	δ_1
<i>g</i>	470° C.	2,14 C.	— 0,4	439° C.	0,79 C.	+ 3,1

1) Das Gewicht dieser Beobachtungsreihe ist zwei Mal grösser.

2) Die Verschiebung dieser Linie ist sehr leicht erkennbar.

Platte № 246.¹⁾ J o d d a m p f.

<i>L</i>	Δt	$\Delta \tau$	δ	Δt_1	$\Delta \tau_1$	δ_1
<i>g</i>	460° C.	1,82 C.	— 1,5	440° C.	0,84 C.	+ 3,6
<i>j</i> ₂	460	1,82	+ 0,1	440	0,84	+ 7,2

Platte № 247. J o d d a m p f.

<i>L</i>	Δt	$\Delta \tau$	δ	Δt_1	$\Delta \tau_1$	δ_1
<i>g</i>	466° C.	1,39 C.	— 0,5	438° C.	0,69 C.	+ 0,1
<i>j</i> ₂	466	1,39	+ 3,8	438	0,69	+ 4,3

Platte № 250. J o d d a m p f.

<i>L</i>	Δt	$\Delta \tau$	δ	Δt_1	$\Delta \tau_1$	δ_1
<i>g</i>	485° C.	2,23 C.	+ 0,5	473° C.	1,43 C.	+ 0,1
<i>j</i> ₂	485	2,23	+ 4,8	473	1,43	+ 7,2
<i>j</i> ₁ ²⁾	485	2,23	+ 3,0	473	1,43	+ 3,0

Zum Zweck der genaueren Ausmessung der Platten hat man für die verschiedenen Quecksilberlinien auf die günstigste Expositionszeit Rücksicht genommen.

Lässt man die vorläufigen Beobachtungen ausser Acht und berücksichtigt die übrigen Zahlen, so erkennt man, dass δ_1 fast immer grösser als das entsprechende δ ausfällt. Dies erklärt sich wohl dadurch, dass $\Delta \tau_1 < \Delta \tau$ ist, da eine Erwärmung des Spaltes, wie wir gesehen haben, eine negative Verschiebung der Linien hervorruft.³⁾

Einige Linien verschieben sich mehr als die anderen, aber, da die Verschiebungen σ und σ_1 in Folge der Erwärmung des Spaltes um 1° C. bekannt sind, so lassen sich an den vorigen Zahlen für jede beobachtete Erwärmung des Spaltes Correctionen anbringen und alsdann Mittelwerthe für δ und δ_1 bilden.

Dies haben wir auch gethan und dabei die Verschiebungen der Quecksilberlinien auf eine Temperaturerhöhung von 500° C. reducirt.

1) Die Linie *j*₁ ist nicht lange genug exponirt worden, aber man erkennt, dass sie sich stark verbreitert hat.
2) Diese Linie hat sich bei der Erwärmung des Joddampfes stark verbreitert.
3) Nur bei der Platte № 248 sind $\Delta \tau$ und $\Delta \tau_1$ praktisch einander gleich und in diesem Falle ist auch δ fast identisch mit δ_1 .

Die entsprechenden Zahlen sind nun in der folgenden Tabelle XV zusammengestellt, wobei δ und δ_1 schon in Ängström'schen Einheiten ausgedrückt sind.

Tabelle XV.

Stoff.	Quecksilberlinie. λ	Verschiebung δ für 500° C.	Verschiebung δ_1 für 500° C.
Bromdampf . . .	5460,99 Ä. E. (<i>g</i>)	+ 0,024 Ä. E.	+ 0,037 Ä. E.
	5769,82 (<i>j</i> ₂)	—	+ 0,041
	5790,91 (<i>j</i> ₁)	—	+ 0,049
Joddampf.	5460,99 (<i>g</i>)	+ 0,007	+ 0,022
	5769,82 (<i>j</i> ₂)	+ 0,064	+ 0,078
	5790,91 (<i>j</i> ₁)	+ 0,057	+ 0,040

Nach Anbringung dieser Correctionen für die Erwärmung des Spaltes werden alle Werthe der Verschiebungen δ und δ_1 positiv und, da im Allgemeinen diese Zahlen Mittel darstellen, so kann man den entsprechenden Verschiebungen ohne Zweifel eine reelle Bedeutung beilegen.

Die Verschiebung der grünen Linie beim Joddampf ist so klein, dass man über dieselbe freilich nichts Sicheres sagen kann, aber in den anderen Fällen, wie dies aus der Tabelle XV zu ersehen ist, sind die Verschiebungen viel grösser. Am grössten sind sie für die gelben Linien und zwar beim Durchgang der Strahlen durch Joddampf. Dieselben auf Versuchsfehler zurückzuführen wäre kaum möglich.

Es wäre vielleicht möglich diese interessante Erscheinung der Verschiebung der Emissionslinien dadurch zu erklären, dass, bei der Mannigfaltigkeit der Absorptionslinien im Spektrum des Broms und Jods, die diesen Quecksilberlichtstrahlen entsprechenden Wellenlängen sehr nahe der Wellenlänge, welche dem Rande irgend einer Absorptionslinie entspricht, liegen. Nun erfahren aber die Ränder der Absorptionslinien des Bromdampfes, wie wir früher gesehen haben, bei Erwärmung kleine Verschiebungen, welche rückwärts einen gewissen Einfluss auf die Lage der Emissionslinien haben können.

Zum Beispiel haben wir in der Tabelle IX eine Absorptionslinie, deren Rand bei niedriger Temperatur die Wellenlänge 5461,04 zukommt. Diese unterscheidet sich recht wenig von der Wellenlänge, welche der Mitte der grünen Quecksilberlinie entspricht. Nun erfährt aber dieser Rand, wie aus der Tabelle IX ersichtlich ist, bei Erwärmung des Brom-

dampfes eine kleine Verschiebung und es ist wohl möglich, dass die beobachtete kleine Verschiebung der grünen Quecksilberlinie beim Durchgang der Strahlen durch Bromdampf mit dieser Erscheinung im Zusammenhang steht.

Das uns zur Verfügung stehende Beobachtungsmaterial ist nicht umfangreich genug um weitere Schlüsse auf diesem Gebiete ziehen zu können; auf jeden Fall verdient aber die in diesem Paragraphen besprochene Erscheinung experimentell weiter verfolgt zu werden.

